

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD
AMBIENTAL EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN**

Caso de estudio campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, Centro de Gestión y
Desarrollo Sostenible Surcolombiano SENA Pitalito-Huila.

Cristian David Trujillo Cardona

Trabajo de grado en la modalidad de profundización para optar al título de Magíster en
Ciencias Ambientales

Director:

Dr. Jhoniers Gilberto Guerrero Erazo

Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Tecnológica de Pereira
La Julita, Pereira Risaralda

E-mail: cdtrujillo@utp.edu.co

NOTA DE ACEPTACIÓN

COMITÉ EVALUADOR

Firma Evaluador 1

Firma Evaluador 2

Firma Director

TABLA DE CONTENIDO

1	Descripción del Proyecto.....	4
1.1	Fundamentos Teóricos.....	4
1.2	Introducción.....	5
1.3	Justificación.....	7
1.4	Objetivo General.....	9
1.5	Formulación de la Pregunta de Investigación.....	9
2	Capítulos de la disertación.....	9
2.1	Capítulo 1 - Indicadores de Desempeño Operacional (IDO) para la evaluación ambiental de Instituciones de Educación (IE).....	9
	Objetivo 1.	9
2.1.1	Consideraciones acerca de los IDO.....	9
2.1.2	Método.....	10
2.1.3	Resultados y discusión.....	16
2.2	Capítulo 2 – Indicadores de condición ambiental para medir la sostenibilidad en Instituciones de Educación (IE). Caso de estudio campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, TAY - CGDSS, SENA Pitalito – Huila.....	32
2.2.1	Objetivo 2.	32
2.2.2	Huella ecológica, indicador de condición ambiental para evaluar la sostenibilidad en IE.....	32
2.2.3	Método.....	34
2.2.4	Resultados y discusión.....	40
3	Conclusiones.....	44
3.1	Recomendaciones.....	46
4	Referencias.....	48
5	Anexos.....	54

1 Descripción del Proyecto

1.1 Fundamentos Teóricos

Elevado consumo de recursos y energía de las Instituciones de Educación (IE) no son ecológicamente sustentables, convirtiéndose en un problema ambiental generado por el agotamiento de los recursos naturales y las emisiones derivadas de sus procesos y actividades, que interfieren en alto grado con los intereses de la sociedad (Gong & Wall, 2001), razón por la cual ha aumentado el interés de la comunidad mundial por desarrollar conceptos y métodos dirigidos a alcanzar el desarrollo sostenible, a través de la generación de información que facilite el conocimiento, análisis y evaluación de la eficiencia de los procesos en el consumo de recursos y energía, además del impacto de sus emisiones en el medio ambiente (Dinçer & Rosen, 2007). Entre los diferentes conceptos y metodologías desarrollados sobresale la Evaluación del Desempeño Ambiental (EDA), la cual es una herramienta que permite la planificación, gestión y evaluación de los aspectos ambientales significativos de una organización, a través de un proceso interno que utiliza indicadores para proporcionar información, comparando el desempeño ambiental pasado y actual de una organización con referencia a criterios de desempeño ambiental determinados, en búsqueda de la sostenibilidad ambiental (ISO 14031, 2013).

En este sentido, el Programa Ambiental de la Organización de Naciones Unidas (UNEP) y la Declaración de Río de Janeiro a través del Programa Agenda 21 hizo un llamado a la comunidad académica, en el cual los insta a otorgar la más alta prioridad a la gestión del medio ambiente para alcanzar prácticas institucionales sostenibles; comprometiendo a las organizaciones en el desarrollo de técnicas y tecnologías que reduzcan los efectos nocivos de los diferentes procesos al medio ambiente (Leme, Pavesi, Alba, & González, 2011). De igual manera la Agenda invita al desarrollo de indicadores ambientales como una herramienta necesaria que provee de información confiable a los tomadores de decisiones en todos los niveles (Quiroga, 2007). El creciente interés por los indicadores de gestión ambiental, se traduce, entre otros aspectos, en la necesidad de las organizaciones de medir y demostrar la sostenibilidad de sus operaciones y en el interés en demostrar la existencia de una relación entre condiciones ambientales y actividades o parámetros de los procesos organizacionales.

Los indicadores ambientales cuantifican la evolución en el tiempo de la gestión ambiental de la organización, determinando tendencias y permitiendo la corrección inmediata si fuera necesario. Otro importante valor de los indicadores ambientales surge de la evaluación comparativa (benchmarking) con las de organizaciones del mismo u otro sector de la actividad. Esta práctica permite descubrir puntos fuertes y débiles, y establecer con una mayor perspectiva cuáles deben ser los objetivos medioambientales de la organización (IHOBE, 1999; J. L. Ruiz

& Sirvent, 2018). Sistemas avanzados de indicadores de desarrollo sostenible han sido elaborados y diseñados por instancias con reconocimiento mundial como los de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Lowell Center for Sustainable Production (LCSP), Global Reporting Initiative (GRI) y la International Organization for Standardization (ISO).

En la actualidad existen varios manuales y bases de datos para la selección de indicadores ambientales, entre ellos: el sistema presión-estado-respuesta (PER) usado por la OCDE y la ISO y el sistema presión estado-impacto-respuesta (PEIR) usado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (PNUMA). El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), creó el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), que consiste en el “conjunto integrado de actores, políticas, procesos, y tecnologías involucrados en la gestión de información ambiental del país, con el fin de iniciar un proceso para facilitar la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y participación para el desarrollo sostenible en Colombia” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Páifico – IIAP, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2007). Existen organizaciones que hacen más énfasis en un enfoque técnico y otras hacen énfasis en un enfoque directivo.

1.2 Introducción

Si, por una parte, las IE han sido y continuaran siendo motor del progreso y bienestar, no se puede ignorar el hecho de que muchos problemas ambientales tienen su origen en decisiones tomadas por políticos, administradores y técnicos que han pasado por sus aulas. Como parte de su función sustantiva, estas, deben estar comprometidas a promover y contribuir activamente en el desarrollo de una cultura de equidad, responsabilidad social y ambiental, con efectos sobre la economía y la calidad de vida de las personas. Para ello, un movimiento a nivel mundial, promueve que el cambio comience dentro de los propios centros educativos (Leme et al., 2011).

Las IE no sólo deben educar, sino que también deben propender por fomentar principios ambientales mediante la adopción de medidas para reducir los impactos que se derivan de sus actividades, de modo que representen los principales componentes de la promoción de la sostenibilidad en la sociedad (Ioja, Onose, Grădinaru, & Șerban, 2012). Lo anterior, debido a que las IE hoy en día pueden ser consideradas como "pequeñas ciudades", por su gran tamaño, población y las diversas actividades complejas que tienen lugar en los campus, las cuales tienen algunos impactos serios directos e indirectos sobre el medio ambiente (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008). Para ilustrar, El Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano genera 118 kg al día de residuos sólidos, equivalente a 3,54 toneladas al mes y consume 822,24 m³ de agua al mes (CGDSS, 2014), coherente con Bonnet, Devel, Faucher, & Roturier, (2002),

que señala que los usos del agua en algunos centros universitarios de gran tamaño son similares a los usos que se dan en ciudades pequeñas o de tamaño medio, y que comprender esto es importante para realizar procesos de gestión ambiental.

Por lo tanto, la contaminación ambiental y el consumo de recursos naturales en las IE, puede ser reducida considerablemente por la elección de medidas técnicas y organizacionales efectivas, de manera que la protección ambiental se constituya como aporte fundamental de los centros de formación al desarrollo sostenible (Viebahn, 2002) y se convierta en un referente de actuación en sus educandos.

En este orden de ideas, Velázquez et al., 2005 (citado en: Zhang, Williams, Kemp, & Smith, 2011) declara que el centro educativo sostenible “es el que se ocupa, se involucra y promueve a nivel regional o global, la minimización de los efectos negativos (Ambientales, económicos, sociales y de salud) que se generan en el uso de sus recursos, con el fin de cumplir con las funciones de docencia, investigación, extensión, cooperación y administración”. Es por esto que Ioja et al. (2012), manifiestan que la gestión ambiental universitaria debe fomentar ambientes universitarios que puedan servir como centros para la promoción de la sostenibilidad global para el beneficio de todos, en otras palabras, en la educación superior, básica y media el término "sostenibilidad" se utiliza para describir un movimiento positivo hacia la responsabilidad ambiental y social (Nicolaidis, 2006).

En particular, Leme et al., (2011), plantea que la sostenibilidad en IE la conforman tres esferas principales. La primera trata sobre la *extensión*, como la esfera de las actividades de transferencia de conocimiento a las comunidades, la segunda se dedica a *iniciativas de gestión ambiental*, dirigidas a reducir el impacto directo que las actividades académicas provocan en el medio ambiente. En la actualidad dichas iniciativas representan las acciones más frecuentes dentro de la sostenibilidad universitaria, básica y media. Finalmente, la última esfera de actuación trata sobre las *acciones de docencia e investigación*; paradójicamente, en aquellas que son las funciones primordiales de las IE, son en las que más lentamente se están incorporando los principios de la sostenibilidad ambiental.

Por otra parte, el concepto de *Green Campus*, aborda tres aspectos: Inclusión de la dimensión ambiental en el currículo; implementación de planes, programas, proyectos, acciones y actividades de gestión ambiental en el campus (agua, energía, residuos), e investigación ambiental (United Nations Environment Program - UNEP, 2012). Cualquiera sea el enfoque que se asuma, se hace necesario medir el nivel de desempeño hacia las *IE Sostenibles* o el *Green Campus*; verificando el logro de sus objetivos y metas, que deben estar vinculados a indicadores, para permitir el seguimiento de los progresos.

En definitiva, el presente documento resalta la necesidad de conformar una herramienta de gestión/evaluación basado en el desempeño ambiental del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró (TAY) SENA Pitalito - Huila, con el fin de generar criterios de desempeño, basado en indicadores que permitan la implementación de medidas de mejora continua en IE.

1.3 Justificación

Hace más de tres décadas que la problemática ambiental irrumpió para permanecer en la dinámica de las IE, así como en la sociedad, y tal evidencia reafirma la relación tan próxima que existe entre la educación (básica, media y superior) y los movimientos sociales. Conferencias como la de Estocolmo (1972) o Rio de Janeiro (1992), son hitos importantes que han marcado el desarrollo de la preocupación ambiental y la propagación de iniciativas para la sostenibilidad (Romero & Briceño, 2009). En la actualidad existen unos contextos globales muy importantes, estamos en la década de la educación para el desarrollo sostenible (Marcote & Suárez, 2011), que ha dado prioridad a cambios institucionales en este tema.

De manera que, las IE como instituciones pilares del saber y la conciencia humana, están abocadas a adoptar políticas, programas y acciones de gestión ambiental que promuevan la sostenibilidad de sus campus, así como del planeta entero. Actualmente diversas estrategias se están implementado para resolver, mitigar y/o prevenir los impactos ambientales negativos que se generan en un campus de formación y potenciar los positivos. Según el United Nations Environment Program - UNEP (2012), iniciativas tecnológicas, de investigación y educación están siendo implementadas en las IE buscando no solo ubicarse estratégicamente en estándares mundiales de calidad - concepto que incluye en la actualidad los avances en materia ambiental de cada institución, si no responder a las exigencias de una masa crítica que revisa su accionar en este campo.

Algunas aproximaciones como la realizada por la Universidad de Indonesia, han fomentado incluir dentro de los ejercicios de calidad institucional; la dimensión ambiental, realizando durante los últimos cinco años una evaluación mundial de universidades verdes, (UI Green Metric World University Ranking), que revisa diversos parámetros que denotan el desempeño ambiental de las IE. Así mismo, según informes del Programa Ambiental de la Organización de Naciones Unidas, en los últimos años aumentó un 82% el número de universidades que han desarrollado estrategias para reducir las emisiones de carbono en sus campus. Aumentó las universidades que se han suscrito a sistemas de gestión ambiental como la ISO 14001:2004, sistema de mejora continua en las prácticas, así mismo, entre el 2007 y 2010 aumentó un 6% la oferta de cursos de desarrollo sostenible y un 62% en benchmarking, los cuales son esquemas que permiten evaluar cómo está progresando, a nivel universitario, el tema del desarrollo sostenible (Leme et al., 2011).

En resumen, el propósito es fomentar y promover que las IE contribuyan a la sostenibilidad ambiental del planeta. Entre los diferentes conceptos y metodologías dirigidos a alcanzar el desarrollo sostenible sobresale la EDA, la cual es una herramienta que permite evaluar la sostenibilidad de una organización con referencia a criterios de desempeño ambiental específicos. Los criterios de desempeño pueden ser conceptualizados como la definición clara de un modelo, estándar, regla de medida o de los requisitos mínimos aceptables para la operación de procesos específicos. Estos se definen a partir de una batería de indicadores los cuales puedan ser utilizados por las IE como vía de autoevaluación y mejora de sus programas o como un marco común para la planificación y gestión de la sostenibilidad (UNEP, 2012).

Los indicadores también pueden ser agrupados y ponderados para formar índices de sostenibilidad ambiental. Análisis de la huella ecológica es un índice muy conocido que se ha extendido desde su papel original en la comparación de los impactos nacionales y regionales para incluir aplicación en organizaciones del sector público y privado, los hogares y la comparación de productos de consumo.

Según Dahle & Neumayer (2001), las IE han sido descritas como microcosmos de los problemas ambientales que afronta la sociedad en su conjunto, a partir del uso insostenible de recursos de agua, energía, materiales y de generación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero – GEI; denominado por la UNEP, 2012 como flujos principales. Ahora bien, Una IE como lo es el CGDSS, SENA Pitalito, con más de mil doscientos estudiantes y altos estándares educativos y de calidad, debe incluir información sobre su Huella Ecológica (HE). El análisis de la HE permitirá al CGDSS tener una visión clara del impacto ambiental de la institución, servir como base para la elaboración y fortalecimiento de programas ambientales y mayor concientización en los estudiantes y directivos sobre un tema que es imprescindible actualmente. Consecuentemente, sería un indicador que facilite la toma de decisiones y medidas a tomar para la disminución de Dióxido de Carbono (CO₂) y mitigación del cambio climático que representa uno de los mayores desafíos ambientales.

Si bien es cierto que el CGDSS desde la sede del campus TAY ha realizado esfuerzos en su compromiso con el medio ambiente es necesario fortalecer aspectos como el uso eficiente de agua, energía y cambio climático. Los cuales son relevantes en el estudio de la HE y por lo tanto su cálculo evidenciaría las falencias actuales en el campus y posibles acciones a tomar que representen una mejora en la sostenibilidad de la IE y en un futuro ser pionera a nivel ambiental en la región.

1.4 Objetivo General

Desarrollar criterios para la evaluación de la sostenibilidad ambiental de instituciones de educación caso de estudio campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS, SENA Pitalito – Huila.

1.5 Formulación de la Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los criterios e indicadores necesarios para que las IE puedan medir, evaluar y gestionar su desempeño ambiental en un tiempo determinado?

2 Capítulos de la disertación

2.1 Capítulo 1 - Indicadores de Desempeño Operacional (IDO) para la evaluación ambiental de Instituciones de Educación (IE)

Objetivo 1.

Generar indicadores de desempeño operacional para la evaluación ambiental del campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), SENA Pitalito – Huila.

2.1.1 Consideraciones acerca de los IDO

Promover procesos de fortalecimiento a la Gestión Ambiental (GA) de las IE, a través de modelos de mejora continua basados en indicadores permite identificar y minimizar los impactos que sus actividades causan al medio ambiente local y global (Isaac et al., 2010). Los objetivos y metas generalmente están vinculados a los indicadores, para permitir el seguimiento de los progresos. En este sentido según Tilbury (2011), los indicadores que pueden dar una idea de si se está progresando o no en el tema de desarrollo sostenible a nivel de instituciones de educación son los indicadores que afecta a los equipos de liderazgo (organización), indicadores sobre el compromiso a nivel curricular y de investigación e indicadores de gestión ambiental (agua, energía, residuos).

La Norma Técnica Colombiana NTC - ISO 14031:2013 propone una serie de indicadores para ser utilizados en la evaluación del desempeño ambiental en la organización, entre ellos se incluyen los Indicadores para el Desempeño Operacional (IDO). Estos proporcionan información acerca del desempeño ambiental de las operaciones de una determinada organización. Están vinculados a las entradas de materiales (procesados, reciclados, reutilizados o materias primas; recursos naturales), energía y servicios; el diseño, la instalación, la operación

(incluyendo situaciones de emergencia y operaciones fuera de rutina) y el mantenimiento de las instalaciones físicas y de equipos, así como a las salidas: productos (productos principales, subproductos, materiales reciclados y reutilizados), servicios, residuos (sólidos, líquidos, peligrosos, no peligrosos, reciclables, reutilizables) y emisiones (emisiones al aire, descargas al agua o al suelo, ruidos, vibraciones, calor, radiación, luz) resultantes de las operaciones de la organización. Corresponden a los indicadores de presión, son los indicadores que dan información acerca de la presión ejercida sobre el ambiente debida a los procesos y las operaciones que se llevan a cabo en la organización.

Por lo tanto, el presente capítulo es un aporte a la generación y desarrollo de criterios de desempeño ambiental para IE, producto de los resultados obtenidos de la gestión de los aspectos ambientales de mayor significancia del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró (TAY), SENA Pitalito – Huila. En este orden de ideas, fue necesario determinar el estado ambiental del campus de formación con el fin de generar indicadores de desempeño operacional, que conlleve a la organización a comprender el impacto real o potencial de sus aspectos ambientales y de esta manera apoyar la planificación e implementación de la EDA. La metodología empleada para la determinación de los IDO se realizó con base en la NTC – ISO 14031:2013 adaptada a las particularidades de los procesos y servicios que ofrece el caso de estudio. Se utilizó como métodos fundamentales el enfoque a procesos y la identificación y evaluación de aspectos.

2.1.2 Método

2.1.2.1 Área de Estudio

El campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró (TAY) hace parte del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS), localizado al noroccidente del municipio de Pitalito departamento del Huila, Colombia; la temperatura ambiente promedio es de 22°C y la altura sobre el nivel del mar es de 1318 m. Es un centro de Formación no formal del estado, en los niveles Técnico y Tecnológico, integrado al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), con un área estimada de 150.200 m² de los cuales el 1% (10207,38 m²) representa el área construida, distribuida en 12 unidades productivas, 19 ambientes de formación, 9 laboratorios y 14 áreas comunes (oficinas, auditorios, cafetería, biblioteca, baterías sanitarias, zonas de recreación). Para los años 2015 y 2016 el campus de formación contaba con una población de 974 y 673 personas respectivamente; incluyendo aprendices, instructores y empleados, (personal administrativo, personal de limpieza, seguridad y mantenimiento). La figura 1 enseña el mapa de Colombia que muestra la ubicación del Huila, Pitalito y el campus del TAY – CGDSS.

Figura 1. Mapa de Colombia, Pitalito y la ubicación del campus TAY – CGDSS.



Fuente: el autor. 2018

El estudio se dividió en cuatro etapas: descripción de los usos e identificación de aspectos ambientales, selección de indicadores para evaluar el desempeño operacional, recolección de datos y una etapa final de análisis y evaluación de la información.

2.1.2.2 Descripción de los usos e identificación de aspectos ambientales significativos

Desde el punto de vista del impacto ambiental, López (2007) considera a las IE como un “sistema integrado” dentro de su entorno, con entradas asociadas al consumo de recursos naturales agua, materiales (construcción de edificios), papel y combustibles fósiles (energía eléctrica, energía calorífica, movilidad) y salidas (producción de residuos, emisiones). De modo que, para evaluar la sostenibilidad ambiental en el campus a través de la generación de Indicadores de Desempeño Operacional (IDO), se consideraron los puntos de vista de las partes interesadas y los aspectos ambientales priorizados por el subsistema de gestión ambiental del TAY- CGDSS. En este sentido el presente estudio analizó el consumo de agua, energía, generación de vertimientos y residuos sólidos (peligrosos y no peligrosos), como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Variables consideradas para la generación de IDO en el TAY - CGDSS

<i>Entradas (consumo de recursos naturales)</i>	<i>Salidas (Generación de contaminantes)</i>
Agua potable	Vertimientos
Energía Eléctrica	Residuos sólidos no peligrosos
	Residuos sólidos peligrosos

Fuente: el autor, 2015 a partir de López, 2007.

Con el propósito de comprender las dinámicas que se dan en torno a la demanda de agua potable y energía eléctrica en el caso de estudio, se procedió a identificar aquellos elementos que conforman el sistema de distribución tanto de agua potable como de energía eléctrica como son tuberías, estructuras y dispositivos (instalaciones hidrosanitarias y fuentes luminarias) que sirven para proveer de agua y energía a la comunidad académica. Mediante técnicas de observación directa y registro (visitas de campo, diálogo con aprendices, instructores, personal de limpieza y mantenimiento), se realizó el inventario de las instalaciones hidráulicas y fuentes luminarias para estimar el tipo de instalación, al igual que su estado. Con referencia a la variable ambiental residuos sólidos, se identifican la cantidad, tipo y estado de los contenedores utilizados para la segregación de residuos sólidos ubicados en el campus.

También, se identificó y clasificó a los usuarios finales de acuerdo al consumo de recursos y la generación de contaminantes con el fin de determinar en qué y cómo se usa el agua, la energía y donde se generan los residuos en el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró. De esta manera se especifican los siguientes usos: aseo personal (estudiantes, docentes y administrativos); preparación de alimentos; laboratorios y unidades productivas (anexo 1).

2.1.2.3 Selección de Indicadores

El proceso de selección de indicadores incluye tanto los indicadores planteados por el subsistema de gestión ambiental del TAY – CGDSS como el desarrollo de nuevos indicadores basándose en la revisión bibliográfica, relacionando así un compendio de indicadores que permiten evaluar el comportamiento medio ambiental de la IE de manera exhaustiva y cuantificable. Se propone a partir de la NTC – ISO 14031:2013 y estudios anteriores (López, 2007., Universidad de Sao Paulo, 2009., Isaac et al., 2010., Guerrero, Fuentes, & Salazar, 2013) el uso de 15 indicadores agrupados en 5 aspectos ambientales. La tabla 2 describe estos indicadores y sus unidades. Como se puede ver, los cinco aspectos ambientales son el consumo de agua potable, consumo de energía eléctrica, generación de residuos sólidos no peligrosos, peligrosos y generación de vertimiento de aguas residuales.

Tabla 2. Indicadores ambientales propuestos para la evaluación del desempeño operacional (IDO) en el campus TAY – CGDSS

ASPECTO AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
Consumo de agua Potable	Dotación real	l / usuario /d; l / m ²
	Demanda de agua de acuerdo a los usos identificados	Porcentaje
	Índice de instalaciones hidráulicas y sanitarias	Porcentaje; Cantidad / usuario
Consumo de energía eléctrica	Dotación real	kWh / usuario / d; kWh / m ²
	Índice de fuentes luminarias	Porcentaje; Cant. / m ²
Generación de residuos sólidos no peligrosos	Tasa de generación	kg / usuario / d; kg / m ²
	Identificación de residuos según su tipo	Porcentaje
	Tasa de residuos aprovechables	kg de residuo recuperado / kg de residuo generado
	Tasa de contenedores adecuados para la segregación de residuos sólidos	Cantidad / usuario; Cantidad / m ²
	Residuos sólidos tratados en relación a residuos sólidos generados.	kg / d; Porcentaje
Generación de residuo peligroso	Indicador per cápita	kg de residuo peligroso / usuario / año
	Tasa de residuos químicos	kg de residuo químico / kg residuo peligroso
	Tasa de residuos biológicos	kg de residuo biológico / kg de residuo peligroso
Vertimientos	Volumen de agua vertido per cápita	l / usuario / d
	Cantidad de contaminantes líquidos descargados a fuentes de agua	mg DBO ₅ / l; mg DQO / l; mg P / l; mg grasas y aceites / l; mg sólidos suspendidos totales / l.

Fuente: el autor. 2015

2.1.2.4 Recopilación de datos

Teniendo en cuenta que la fiabilidad de la información recolectada es vital para explorar, describir y explicar correctamente los hechos o fenómenos encontrados (Méndez, 2006), la recolección de datos se realizó de acuerdo con las pautas del subsistema de gestión ambiental institucional, que se basan en la norma ISO 14001:2015. Aunque la norma contempla varios requisitos, el más directamente importante para esta investigación es el requisito 9.1 de la norma, que se refiere al seguimiento, medición, análisis y evaluación.

Con el fin de cuantificar el consumo de agua para cada uso se instalaron en seis unidades de servicio o aprovisionamiento, medidores volumétricos *Metrex XBT 15-25* de media pulgada ($\frac{1}{2}$ "). Como en las investigaciones de Manco, Guerrero, & Morales (2017); Velazquez, Munguia, & Ojeda (2013) y Trujillo & Sarmiento (2012) el estudio efectuó la revisión diaria de los medidores instalados en puntos estratégicos, dos veces al día, al inicio (08:00 h) y finalización de la jornada académica (17:00 h) permitiendo determinar los volúmenes de consumo y un análisis de los patrones de demanda de acuerdo a los usuarios finales.

Así mismo la información de la variable de energía fue registrada en conformidad con los formatos diligenciados diariamente, similar al estudio realizado por Chacón, Pinzón Vargas, Ortegon Cortázar, & Rojas Berrio (2016), en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, donde se construyó el perfil típico diario de consumo de energía para todos los días de la semana en horario académico.

En cuanto a la gestión de residuos en el campus, existe una clara diferencia de residuos peligrosos y no peligrosos. Mientras que los desechos peligrosos deben ser rigurosamente controlados (separación en la fuente, recuento de las cantidades generadas, contratación de empresas gestoras), los residuos no peligrosos (incluye los residuos aprovechables, no aprovechables y orgánicos biodegradables, según Guía Técnica Colombiana GTC 24:2009 y Decreto 351 de 2014) solo deben depositarse en contenedores. Así pues la caracterización y cuantificación de los residuos sólidos en el caso de estudio corresponde a una adaptación realizada en base al título 2, capítulo 6 del Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017) y el método de cuarteo propuesto por Kunitoshi (2000). El procedimiento se realizó diariamente durante 95 días continuos de normal funcionamiento del centro de formación una (1) vez por contenedor, iniciando a las 15:00 h. y terminado aproximadamente a las 17:00 h. de lunes a viernes, siguiendo el cronograma de caracterización (anexo 2).

Los datos obtenidos en el proceso de caracterización se registraron en una base de datos, separándolos en función de la fuente de generación y el día de la semana. A partir de esta base de datos se calcularon la tendencia promedio en cuanto a generación de acuerdo a las áreas de procedencia y la variabilidad en el tipo de residuo

En relación con los vertimientos líquidos generados por las actividades desarrolladas en el campus se realizó una caracterización de aguas residuales domésticas, con el fin de evaluar su cumplimiento con la normatividad ambiental vigente, en cuanto a vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Los monitoreos fueron realizados el día 22 de noviembre de 2016, desarrollándose un monitoreo compuesto por un periodo de ocho (8) horas, las cuales corresponden a las horas de actividad académica, con el fin de tener muestras representativas, recolectando alícuotas cada hora y al final del monitoreo se realizó la composición, de acuerdo con la ecuación 1.

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p} \quad (E.1)$$

Donde;

V_i = Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V = Volumen total a componer

Q_i = Caudal instantáneo de cada muestra

Q_p = Caudal promedio durante el muestreo

n = Numero de muestras tomadas

El monitoreo estuvo a cargo del laboratorio de ensayo y calibración, Construcsuelos Suministros LTDA., el cual se encuentra acreditado ante el IDEAM, para toma de muestras de aguas residuales y superficiales y para análisis de laboratorios, mediante Resolución de acreditación No. 1305 del 5 de junio de 2014. Las muestras fueron recolectadas por personal entrenado y capacitado del laboratorio, y fueron preservadas y transportadas por el mismo laboratorio a sus instalaciones.

2.1.2.5 Análisis y evaluación de la información

La técnica estadística del análisis descriptivo permite identificar las características existentes de un conjunto de datos llamado *muestra* (Wayne & León, 2002). Con el fin de conformar una muestra valida se procedió a realizar un muestreo durante 172 días de formación continua correspondiente a los años 2015 y 2016 en cada unidad de servicio y/o usuario final, permitiendo así, registrar el consumo de recursos y la generación de contaminantes ligados a horas directas de formación. Durante los dos años de seguimiento realizado se presentó un funcionamiento normal del centro de formación.

La información recolectada fue tabulada y analizada en el software *Microsoft Excel*[®], que permitió procesar los datos y construir las curvas de perfil del consumo para cada unidad de servicio y/o usuario final, por medio de diagramas de barras y tablas, con lo cual se definieron los patrones diarios de consumo de recursos y la generación de contaminantes. A partir de los datos y el número de usuarios del caso de estudio, se realizó evaluación unitaria de los valores de consumo de agua potable, energía eléctrica, generación de vertimientos y residuos sólidos por aprendiz y/o actividad y se comparan con criterios de desempeño ambiental establecidos por instituciones de educación similares y referentes normativos del orden local, nacional e internacional.

2.1.3 Resultados y discusión

A manera de ilustración se muestran los resultados de la evaluación del desempeño para cuatro variables ambientales significativas: Usos del agua potable, demanda de energía eléctrica, generación de vertimientos líquidos y residuos sólidos (peligrosos y no peligrosos) en el campus del TAY - CGDSS.

2.1.3.1 Desempeño variable ambiental agua en el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS.

El centro de formación cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, la cual potabiliza 0,6 l/s, con una frecuencia de funcionamiento de 9 h/d. Cuenta con un tanque de almacenamiento de agua potable en concreto rígido con capacidad de 30.000 litros. La red primaria de suministro de agua potable está compuesta en su mayoría por tubería PVC en diámetro de dos pulgadas (2”), que abastece la red secundaria de una y media pulgada (1½”). El agua es distribuida por gravedad (figura 2).

Figura 2. Red de distribución de agua potable Tecnoparque Agroecológico Yamboró.



Fuente: el autor. 2016

El Tecnoparque Agroecológico Yamboró cuenta con 194 instalaciones hidrosanitarias, de las cuales el 70% corresponde a grifos y llaves de paso, el 23% a inodoros, el 8% a duchas y urinarios (tabla 3); contrastando estos resultados con la Norma Técnica Colombiana NTC 1500:2004, el campus TAY - CGDSS presenta deficiencias en cuanto a la cantidad de instalaciones mínimas de fontanería, ya que posee un déficit de una (1) llave de lavabo, dos (2) muebles sanitarios y cinco (5) orinales.

Tabla 3. Instalaciones hidrosanitarias Tecnoparque Agroecológico Yamboró

ÁREA/UNIDAD PRODUCTIVA	GRIFOS	URINARIOS	INODOROS	DUCHAS
ASEO PERSONAL (Baños)	33	6	31	4
AGROINDUSTRIA	6	0	0	0
GASTRONOMIA (Restaurante)	8	1	2	0
BIOCABANA	4	0	4	4
LABORATORIOS	7	0	0	0
CAFETERIA	3	0	0	0
ESCUELA NACIONAL DE LA CALDIAD DEL CAFÉ	12	0	2	0
OTRAS UNIDADES PRODUCTIVAS	62	0	5	0
Σ Unidades Hidrosanitarias	135	7	44	8

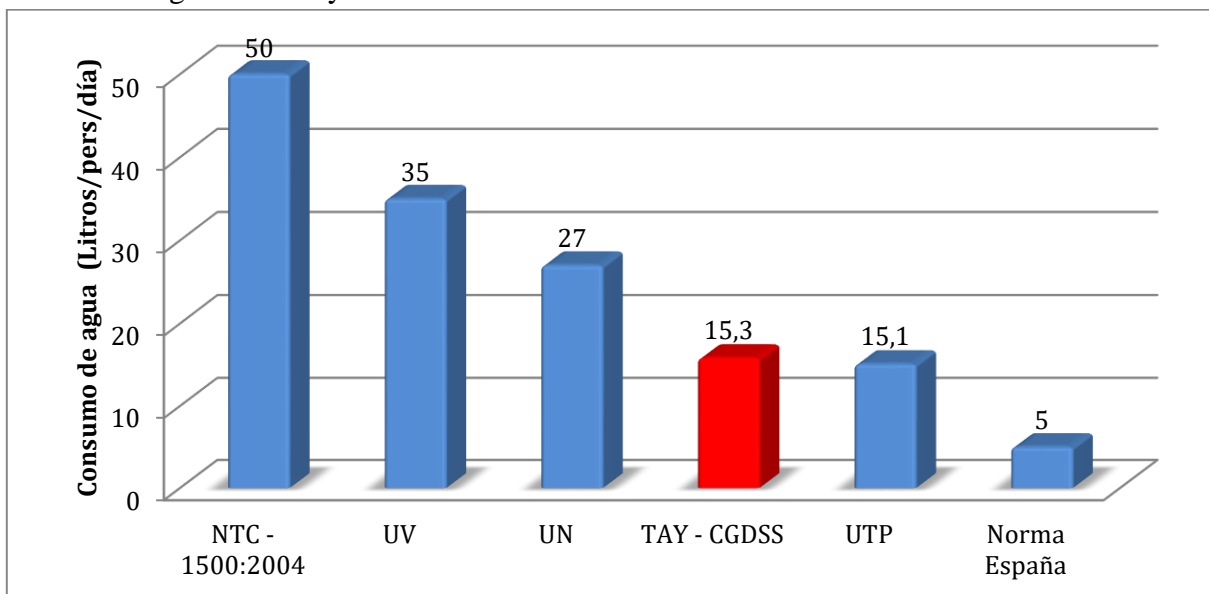
Fuente: el autor. 2015

De acuerdo a la inspección física, el 93% de las instalaciones hidrosanitarias no presentó fugas, sin embargo, el 3% registró fugas importantes y el 4% registró goteos, estas unidades requieren mantenimiento o reparación inmediata.

2.1.3.1.1 Usos del agua

Los usos de agua identificados en la IE estudio de caso son: aseo personal, limpieza y aseo del campus, agua para consumo directo, agua para laboratorios y agua para preparación de alimentos. En la figura 4 se ilustran los consumos per cápita de agua y se comparan con los consumos de otras IE y según normatividad nacional (NTC 1500:2004) e internacional (Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo, 2010). Este consumo real corresponde a las mediciones realizadas en los puntos de consumo para agua potable. No incluye los consumos de agua cruda y aguas lluvias.

Figura 3. Consumo per cápita de agua en el campus del TAY - CGSS, comparación con los consumos según normas y otras IE.



Fuente: el autor. 2017

La Norma Técnica Colombiana NTC 1500:2004 establece valores de 50 l / usuario / día para instituciones de educación, mientras que la Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo, España determinan consumos de 5 l / usuario / día. Sin embargo, estos consumos dependen de las situaciones particulares de las instituciones. Algunos valores reportados muestran dotaciones de 27; 35 y 15,1 l / usuario / día en las universidad Nacional sede Bogotá (UN) (Universidad Nacional de Colombia - UNAD, 2015), Valle del Cauca (UV) y Tecnológica de Pereira (UTP) (Manco et al., 2017), respectivamente. Para el caso del presente estudio, el consumo diario de agua per cápita es de 15,8 l / usuario / día, que equivale al 12,6% del consumo doméstico para el municipio de Pitalito - Huila. La variación en el valor del indicador se debe, en primera medida a los usos de agua en cada institución, que corresponden con las actividades que se realizan diariamente cumpliendo su objeto misional.

En la tabla 4 se muestran los promedios de consumo para cada uso en el periodo de observación, con estos valores se calculan los indicadores de referencia asociados a las actividades directas de formación.

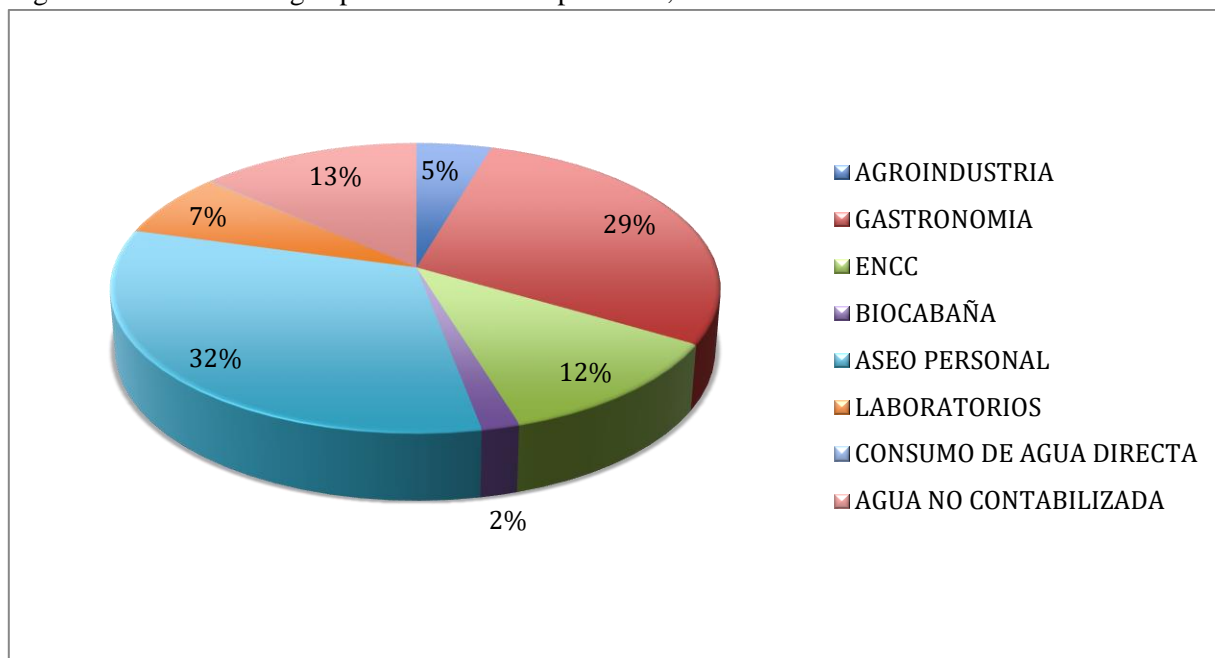
Tabla 4. Descripción de los usos del agua en el campus del TAY - CGDSS

USOS DEL AGUA POTABLE		CRITERIO /META	CONSUMO AÑO 2016 (l*día)	INDICADOR	CONSUMO AÑO 2015 (l*día)	INDICADOR
ASEO PERSONAL APRENDICES		8,77	3754,3	8,77	4977,8	9,45
		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)
PREPARACIÓN DE ALIMENTOS	GASTRONOMIA	15,9	2842,9	11,2	4964,4	15,9
		(l*comensal ⁻¹ *d ⁻¹)		(l*comensal ⁻¹ *d ⁻¹)		(l*comensal ⁻¹ *d ⁻¹)
	BEBEDEROS	0,4	0,0	*Sin servicio este año	19,0	0,4
		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)				(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)
LABORATORIOS		97,9	978,8	97,9	978,8	118,3
		(l*Practica*d)		(l*Practica*d)		(l*Practica*d)
AGROINDUSTRIA		118,3	370,4	231,5	857,9	118,3
		(l*Practica*d)		(l*Practica*día)		(l*Practica*d)
		2,5		2,5		12,1
		(l*Arequipe producido)		(l de agua*Kg de cárnico)		(l*Arequipe producido)
		13,6		13,6		32,5
		(l*kg de fruta procesada)		(l*kg de fruta procesada)		(l*kg de fruta procesada)
		39,4		Sin datos		39,4
		(l* yogurt en litro producido)				(l* yogurt en litro producido)
BIOCABAÑA		17,3	271,7	135,8	207,3	17,3
		(l*persona-huésped*d)		(l*Aprendiz-huésped*d)		(l*Aprendiz-huésped*d)
ESCUELA NACIONAL DE LA CALIDAD DEL CAFÉ		370,4	1481,4	370,4	1721,2	430,3
		(l*Practica*d)		(l*Practica*d)		(l*Practica*d)
AGUA NO REGISTRADA		1301,5	1301,5		2321,0	
DEMANDA TOTAL		15,3	11001,0	16,3	16047,5	15,3
		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)		(l*pers ⁻¹ *d ⁻¹)

Fuente: el autor, 2017

De acuerdo con la tabla 4, al campus TAY ingresan en promedio 13524 l / día, los cuales son demandados según sus usos, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Demanda de agua por usos en el campus TAY, CGDSS

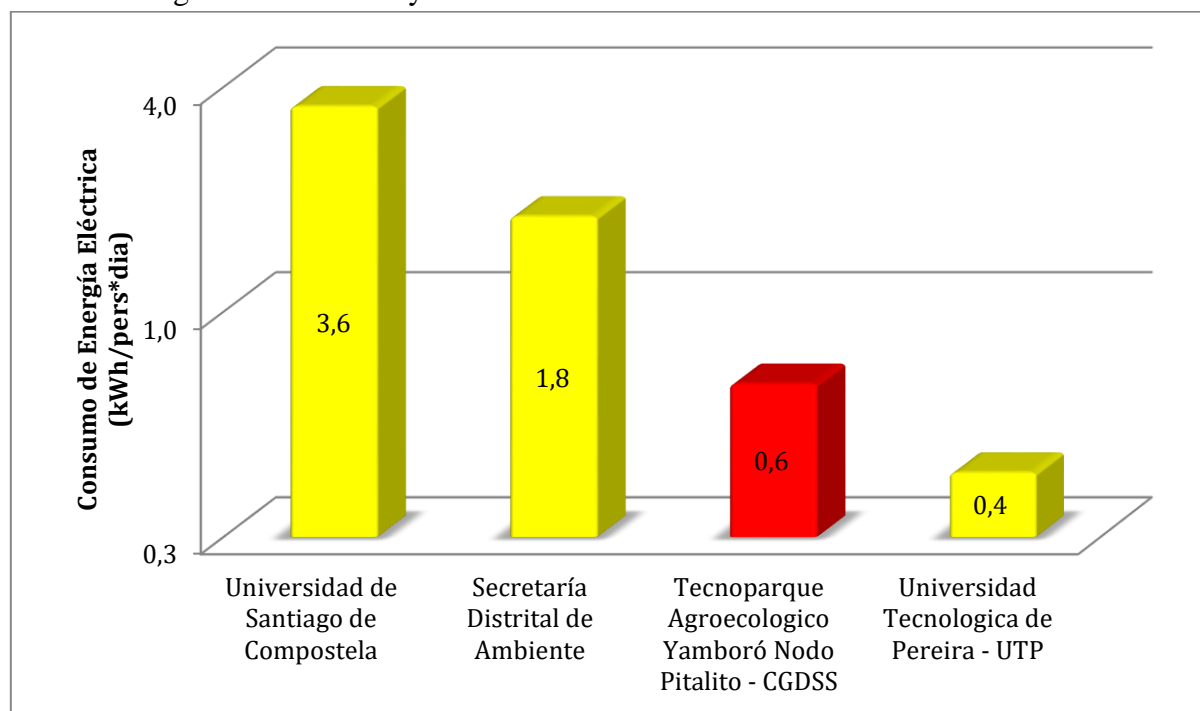


Fuente: el autor. 2017

2.1.3.2 Desempeño variable ambiental uso de la energía en el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS.

La sostenibilidad de la variable es alta, el indicador se encuentra en el rango permitido por un referente normativo. En la figura 6 se observan los consumos per cápita de energía y se comparan con los consumos de otras IE y según Secretaría Distrital de Ambiente (2017). Este consumo real corresponde a las mediciones realizadas durante las actividades asociadas a procesos académicos, es decir en los horarios de formación académica del centro de formación a partir de las 08:00 h hasta las 17:00 h del día.

Figura 6. Consumo per cápita de energía eléctrica en el TAY - CGDSS, comparación con los consumos según normatividad y otras IE.



Fuente: el autor, 2017

La Secretaría de Ambiente de Bogotá, Colombia, establece valores de 1,8 kWh / usuario / día para el sector público distrital. Sin embargo, estos consumos dependen de las situaciones particulares de las instituciones. Algunos valores reportados muestran dotaciones de 3,6; y 0,4 kWh / usuario / día en las universidades de Santiago de Compostela España (López, 2007) y Tecnológica de Pereira – UTP (Molina & Ocampo, 2016), respectivamente. Para el caso del presente estudio, el consumo diario promedio de energía eléctrica per cápita es de 0,6 kWh / usuario / día, que equivale al 47% del consumo doméstico para Pitalito que cuenta con 102.937 habitantes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005). La variación en el valor del indicador se debe, en primera medida, a los usos de energía eléctrica en cada institución, que corresponden con las actividades que se realizan diariamente cumpliendo su objeto misional.

Con respecto a fuentes luminarias el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró cuenta con 501 de las cuales el 85% corresponde a fuentes fluorescente, el 3% tipo LED, 2% a fuentes incandescentes (Tabla 6). De manera que existe una (1) fuente luminaria por cada 20 metros cuadrados (m^2) de área construida.

Tabla 6. Fuentes luminarias en el campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró

ÁREA/UNIDAD PRODUCTIVA	INCANDESCENTE	FLUORESCENTE TUBULAR	FLUORESCENTE COMPACTA	LED	OTROS
Baños	0	14	0	0	23
Agroindustria	0	17	15		2
Gastronomía (restaurante)	0	26	15	0	0
Biocabaña	0	19	0	0	1
Laboratorios	0	21	14	0	2
Cafetería	0	11	0	0	0
Escuela nacional de la calidad del café	0	143	17	6	8
Biotic's	0	16	2	0	0
Área administrativa	0	16	0	0	0
Otras unidades productivas	11	44	35	10	13
Σ Fuentes Luminarias	11	327	98	16	49

Fuente: el autor. 2016

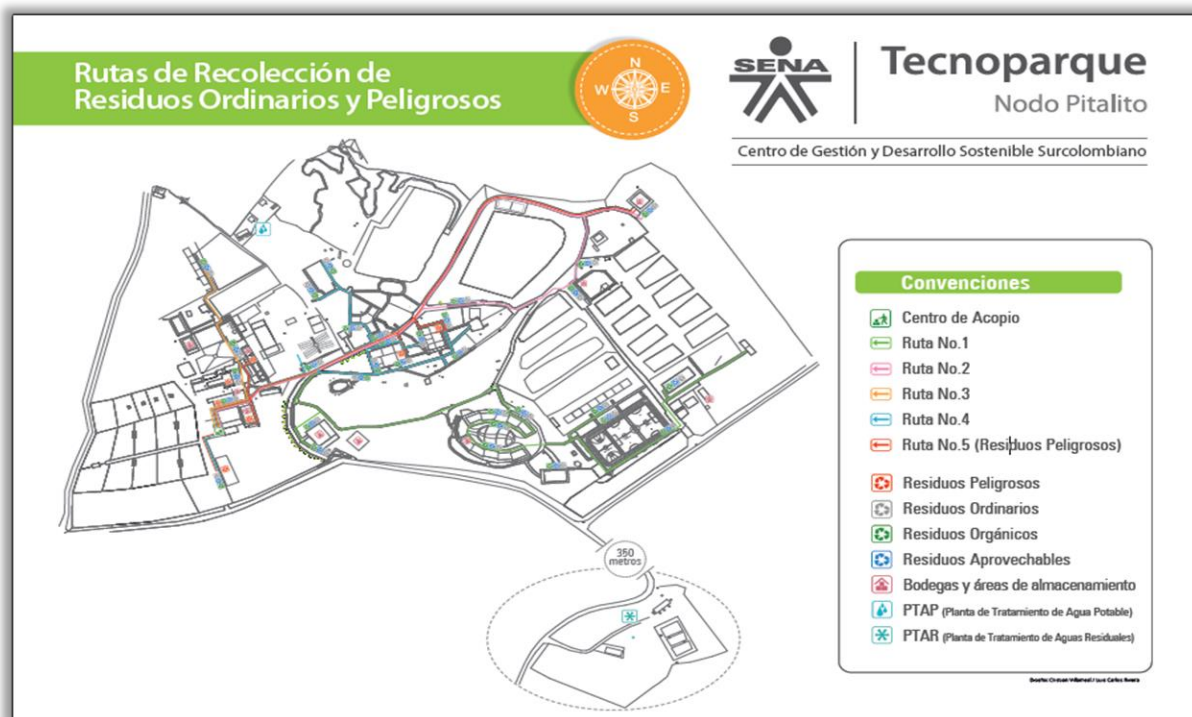
De acuerdo a la inspección física, el 84% de las fuentes luminarias presentan buen funcionamiento, sin embargo, el 16% no se encuentran en buen estado, estas unidades requieren mantenimiento o recambio.

2.1.3.3 Desempeño variable ambiental manejo y generación de residuos sólidos no peligrosos en el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS

2.1.3.3.1 Identificación de las fuentes generadoras

En trabajo de campo realizado en el campus, se identificaron y localizaron todos los puntos para la segregación de residuos sólidos (RS). Existen puntos de recogida dentro las edificaciones del campus y fuera de ellas. En oficinas y aulas existen pequeñas papeleras especiales solo para papel. En las áreas comunes del campus hay 11 puntos ecológicos, los cuales están constituidos por tres contenedores diferenciados por colores para papel-cartón, envases de plástico-vidrio y residuos no aprovechables (figura 7).

Figura 7. Identificación de rutas de recolección y puntos ecológicos en el campus TAY - CGDSS



Fuente. Villareal y Rivera. (2017)

Estos contenedores con capacidad de 80-120 litros, contiene bolsas procedentes de la limpieza de las edificaciones del centro de formación (aulas, oficinas, auditorios, instalaciones deportivas, talleres, unidades productivas y el vaciado de papeleras) y el desperdicio de la cafetería.

Tabla 7. Cantidad de contenedores de residuos en el campus TAY - CGDSS

ÁREAS DE GENERACIÓN	CONTENEDOR (CANT)	INFORMACIÓN AL USUARIO	
		SI	NO
Gastronomía	2	2	0
Agropecuaria	13	9	4
Agroindustria	5	2	3
Escuela Nacional de la Calidad del Café	10	9	1
Laboratorios	4		4
Áreas comunes	31	31	0
Complejo deportivo	8	8	0
TOTAL	73	61	12

Fuente: el autor. 2016

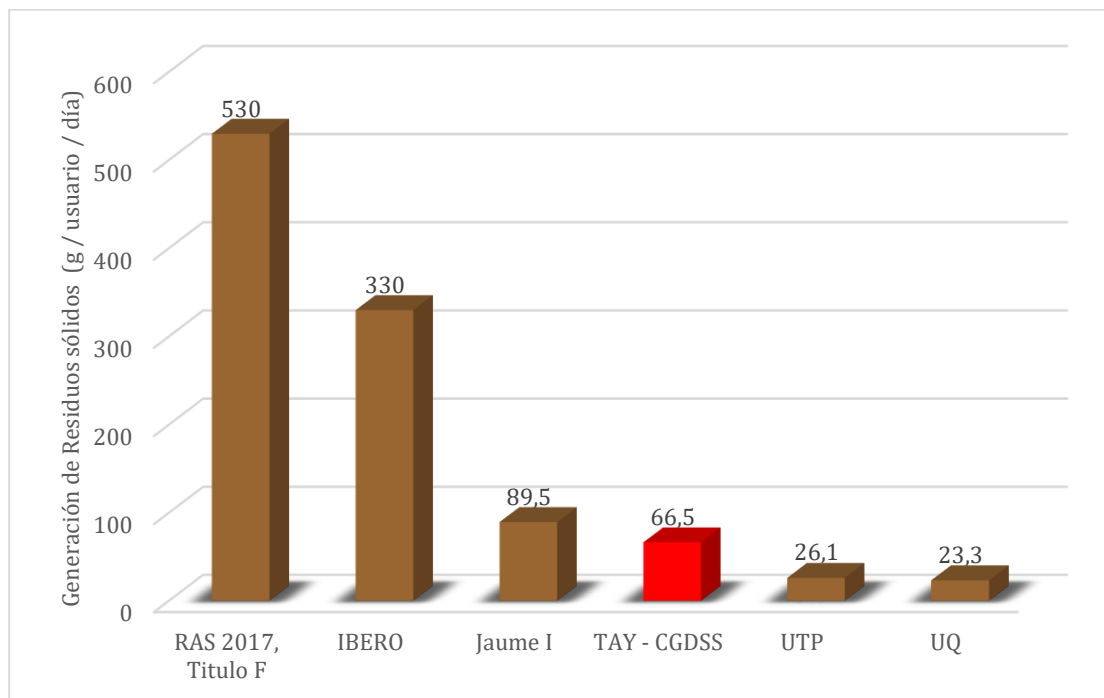
En definitiva, el centro de formación cuenta con 73 contenedores de RS. El 84% de estos cumplen con la Guía Técnica Colombiana de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos GTC – 24:2009, al brindar información que orienta al usuario a hacer una disposición correcta (tabla 7). De manera que existe un (1) contenedor de residuos por cada 9 personas o 139 m² de área construida.

2.1.3.3.2 Generación de residuos sólidos no peligrosos en el Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

La generación típica promedio de residuos sólidos urbanos, según el estudio realizado, asciende a 54,7 kg / día laboral, equivalente a una tasa de generación de 66,5 g / usuario / día dentro del campus. No ha sido posible determinar la generación RS teniendo en cuenta el tipo de usuarios (estudiantes, practicantes, investigadores, técnicos, instructores y personal administrativo) porque prácticamente en todas las edificaciones conviven todo tipo de usuarios. Por ejemplo, en el restaurante los instructores, estudiantes, administrativos, etc. comen juntos. La figura 8 muestra la tasa de generación de residuos calculada en otras instituciones de educación.

El Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2017), en su título 2, capítulo 6: Sistemas de Aseo Urbano, establece valores típicos de producción per cápita para municipios colombianos de 530 g / hab / día. Así mismo algunos valores reportados en contextos internacionales como la Universidades Iberoamericana, ciudad de México – IBERO (M. Ruiz, 2012) y Jaume I, España (Gallardo, Edo-Alcón, Carlos, & Renau, 2016), muestran tasas de generación de residuos de 330 y 89,5 g / usuario / día respectivamente. En el ámbito nacional la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) (Molina & Ocampo, 2016) genera 26,1 y la Universidad del Quindío (UQ) (Nieto, Nieto, Lozano, & Jiménez, 2010) 23,33 g / usuario / día de residuos. Por lo tanto, el estudio de caso presenta una de las mayores tasas de generación de residuos no peligrosos en referencia a IE del orden nacional (figura 8); que equivale al 5% de la producción per cápita del municipio de Pitalito – Huila. La variación en el valor del indicador se debe, en primera medida, a la generación de residuos sólidos en cada institución, que corresponden con las actividades que se realizan diariamente cumpliendo su objeto misional.

Figura 8. Tasas de generación de residuos en diferentes instituciones de educación y otros referentes.



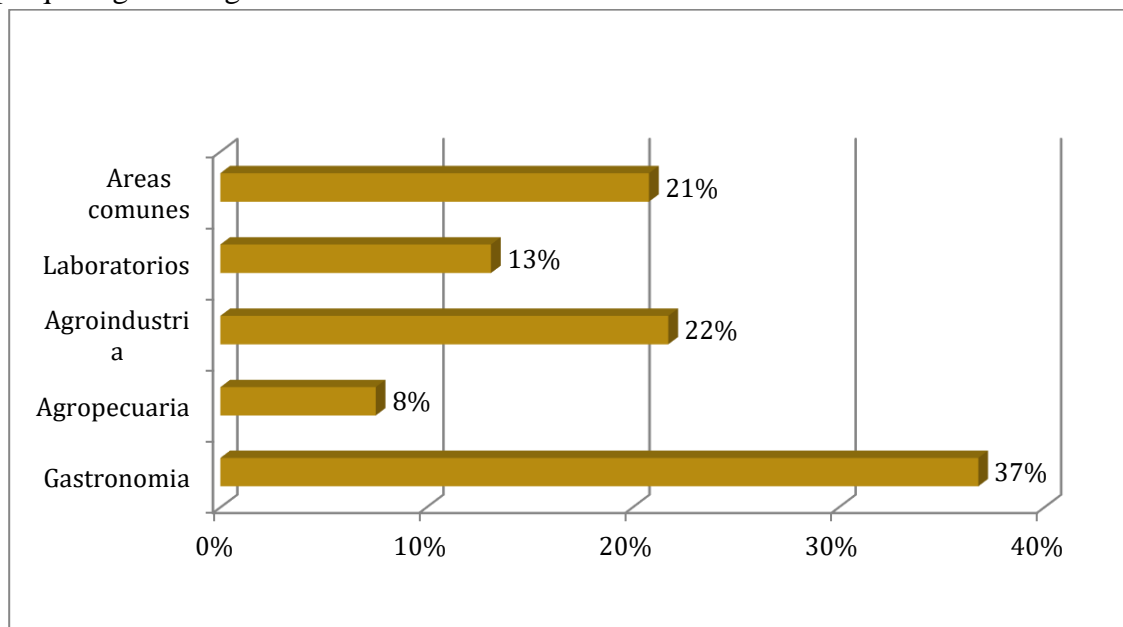
Fuente: el autor. 2017

Respecto a la generación de residuos por m^2 , se tiene una superficie construida en el centro de formación de $10207,4 m^2$, por lo que se obtiene una generación de $5,4 g$ de residuo / m^2 . Similar a otros estudios realizados por Molina & Ocampo (2016), en la Universidad Tecnológica de Pereira, la cual reporta un indicador de $5,3 g$ de residuo / m^2 .

2.1.3.3.3 *Generación de residuos por área o unidad productiva*

La investigación también permitió estudiar la variación en la generación de residuos por dependencias o unidades productivas. El volumen de generación de residuos fue más influenciado por el volumen de residuos generados en las edificaciones o unidades productivas de gastronomía, agroindustria y áreas comunes que constituyeron un promedio del 79% de los residuos diarios generados. Por otro lado, las áreas de agropecuaria y laboratorios son las instalaciones que generan menor cantidad de residuos sólidos con un 8 y 13% respectivamente (figura 9).

Figura 9. Porcentaje de generación de residuos por área/unidad productiva en el Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

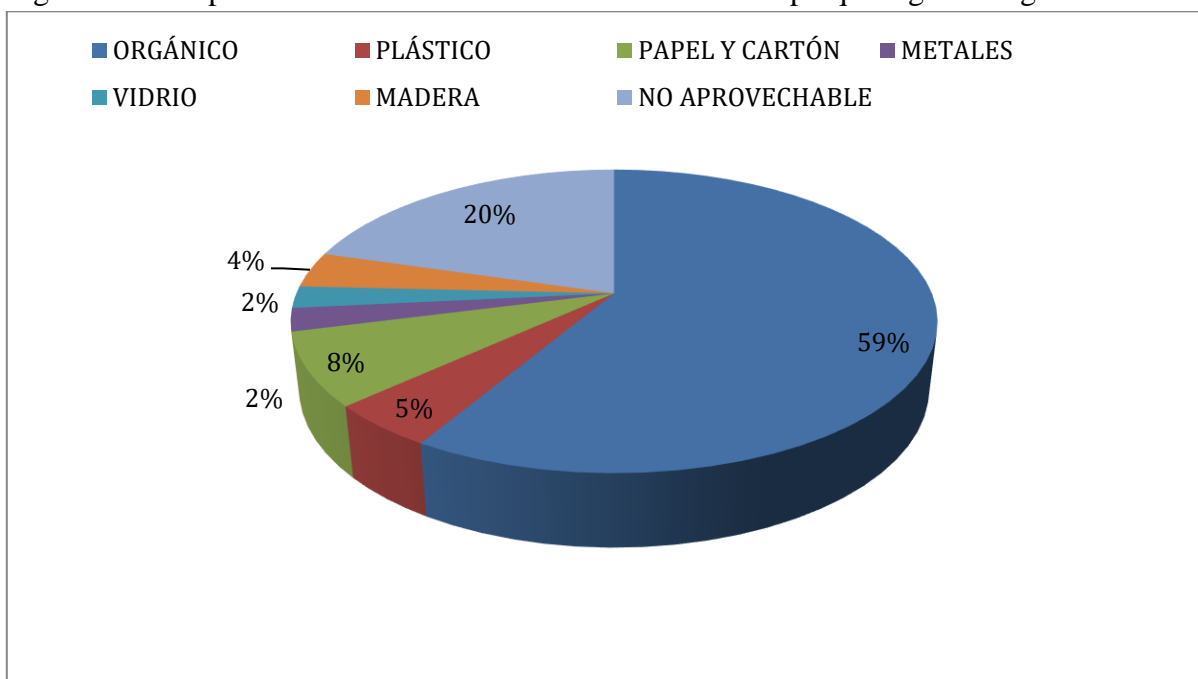


Fuente: el autor, 2017

2.1.3.3.4 Composición de residuos sólidos

La composición de los residuos se determinó a partir de las caracterizaciones llevadas a cabo en el centro de formación. La Figura 10 muestra que el 59% en peso de RS generados en el campus TAY - CGDSS corresponde a materia orgánica proveniente principalmente de la unidad productiva de gastronomía y agroindustria, seguido por material no aprovechable (20%) y aprovechable (17%), una categoría que incluye botellas de vidrio y plástico, latas de metal, papel y cartón, etc. En menor fracción la componen la madera (4%). Estos resultados son comparables a otros estudios en los que las mayores fracciones también fueron los residuos orgánicos (M. Ruiz, 2012). Los desechos orgánicos plantean muchos desafíos ambientales y de salud con el potencial de liberar gases de efecto invernadero y atraer vectores si no se eliminan adecuadamente (Smyth, Fredeen, & Booth, 2010).

Figura 10. Composición total de residuos sólidos en el Tecnoparque Agroecológico Yamboró.



Fuente: el autor. 2017

Respecto a los residuos aprovechables segregados, el centro de formación recupera y dispone adecuadamente el 100% de estos residuos. Cabe resaltar que gran cantidad de los residuos orgánicos generados, 90% se aprovecha para elaborar abono compostado tipo Bocashi, Agroplus, Microorganismos Nativos, Supermagro, Sulfocalcico, Lombricompost, donde se utilizan para ser aplicados en cultivos de café, hortalizas y área de vivero que hacen parte del campus de formación.

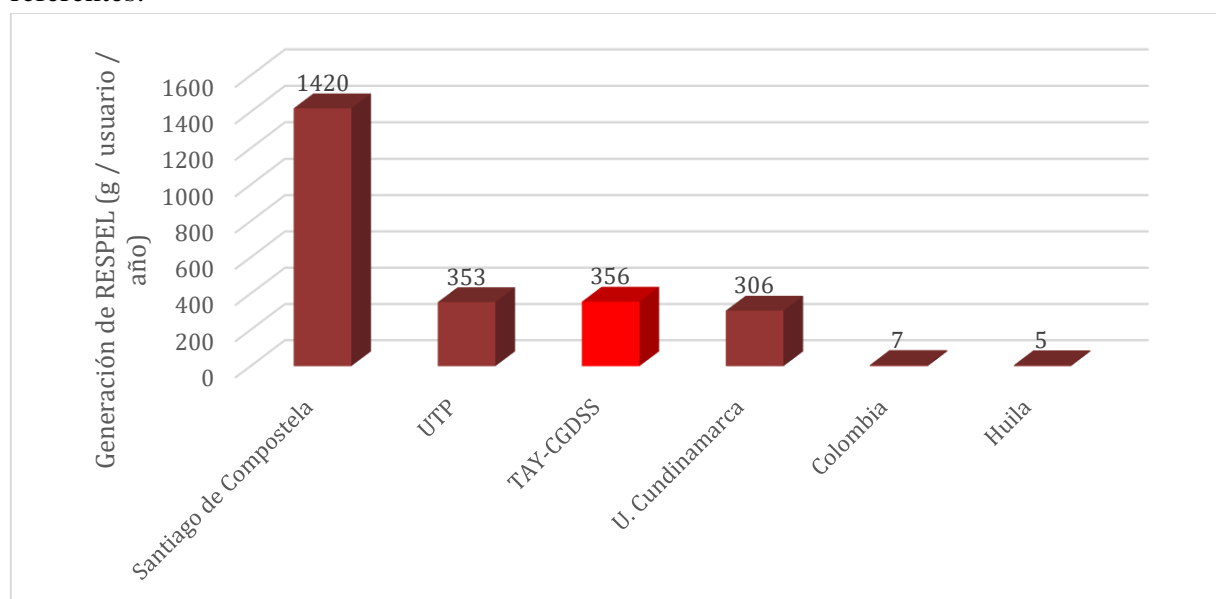
2.1.3.4 Desempeño variable ambiental manejo y generación de residuos sólidos peligrosos en el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS.

La gestión de Residuos Peligrosos (Respel) en el campus de estudio corresponde al proyecto Tecnológico Gestión Ambiental, dependientes del Sistema Gestión y Autocontrol – SIGA. Este proyecto ha trabajado desde el 2014 en desarrollar procedimientos para una adecuada gestión de los residuos peligrosos generados como consecuencia de las actividades de formación. Los Respel son recolectados regularmente por aprendices, instructores, asistentes de investigación e investigadores, y posteriormente se colocan en contenedores especiales ubicados en cada área o unidad productiva generadora. Si el contenedor está 90% lleno, se transporta al centro de acopio, que mantiene una instalación de almacenamiento de residuos temporal (con un área de 18 m²). Finalmente, los residuos son transportados y confinados por la empresa INCIHUILA S.A. E.S.P. empresa especializada en la gestión de Respel certificada de acuerdo

con las regulaciones establecidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

De acuerdo con el decreto 4741 de 2005 se hace posible clasificar los Respel, como aquellos residuos o desechos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente (Art. 3, Decreto 4741/ 2005). Los principales tipos de residuos peligrosos generados en el campus del TAY se pueden clasificar en 2 categorías: Residuos infecciosos o de riesgo biológico (71%) y residuos de riesgo químicos (29%). Estos residuos provienen principalmente de las áreas de enfermería, laboratorios de ensayo y calibración y unidades productivas como la agropecuaria y biocombustibles. En la figura 11 se muestra la tasa de generación de residuos peligrosos en el campus del TAY – CGDSS y se comparan con la generación de otras IE y estándares a nivel nacional y regional.

Figura 11. Tasas de generación de Respel en diferentes instituciones de educación y otros referentes.



Fuente: el autor, 2017

Algunos valores reportados muestran tasas de generación de Respel de 1420, 353 y 306 g / usuario / año en instituciones de formación como la universidad de Santiago de Compostela - España (López, 2007), Tecnológica de Pereira (Cortes & Agudelo, 2012) y Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá - Colombia (Villalobos, 2017), respectivamente. Para el caso del TAY-CGDSS, la tasa de generación de Respel se determinó en 356 g / usuario / año, que equivalen a 52 veces más a la tasa de generación reportada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM para Colombia y el departamento del Huila (IDEAM, 2016). La variación en el valor del indicador se debe, en primera medida, a la generación de

Respel en cada institución, que corresponden con las actividades que se realizan diariamente cumpliendo su objeto misional. Finalmente, la sostenibilidad de la variable generación de Respel en el campus del TAY - CGDSS es media, ya que existen otras IE a nivel nacional que presentan indicadores con menores índices de generación.

Por otro lado, de acuerdo a normatividad colombiana (Decreto 4741 de 2015 y Resolución 1362 de 2007) el campus se encuentra categorizado como pequeño generador, ya que presenta una generación promedio mensual menor a 25 kilogramos, encontrándose exento de realizar el registro de generadores de residuos o desechos peligrosos ante la autoridad ambiental competente según Decreto 1076 de 2015.

2.1.3.5 Vertimientos líquidos en el campus del Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS.

El TAY – CGDSS cuenta con un sistema de tratamiento para aguas residuales, el cual fue construido a finales del año 2014. Las redes de recolección incluyen 16 cajillas y 465, 62 metros de tubería de conducción en manguera de 3 pulgadas y 186, 9 metros en tubería sanitaria de 4 pulgadas. La estructura del sistema está compuesto por un tratamiento primario, que consta de tanque séptico de acción múltiple con un volumen de diseño de 86,4 m³; un tratamiento secundario constituido por una laguna de estabilización para tiempos de retención de 3, 75 días y un tratamiento terciario que consta de humedales construidos compuestos por los siguientes lechos: Grava, gravilla, sustrato (tierra) y materia orgánica, en orden ascendente respectivamente. En la parte superior tiene sembrado 2 especies de plantas presentes en el sur del Huila: *Heliconia psittacorum* y *Cyperus papyrus*.

2.1.3.5.1 Medición de parámetros, salida del sistema de tratamiento del Tecnoparque Agroecológico Yamboró - CGDSS.

El centro de formación realiza una sola descarga de aguas residuales de origen domestico provenientes de actividades en unidades productivas de gastronomía, agroindustria, biocabaña, laboratorios, zona administrativa y unidades sanitarias. La medición de variables in-situ, reportó que el caudal promedio de descarga del vertimiento equivale a 0,11 l/s, pH 7,90 y temperatura promedio 25,5 °C. En la tabla 8. Se presentan los resultados de las variables fisicoquímicos emitido por el laboratorio de calidad de aguas y se compara con los criterios exigidos por la Resolución 631 de 2015.

Tabla 9. Reporte de resultados físico-químicos salida del sistema de tratamiento del Tecnoparque Agroecológico Yamboró – CGDSS.

ENSAYO	RESULTADOS LABORATORIO	UNIDADES	VALORES PERMISIBLES
			Res. 0631 de 2015
Temperatura	25,5	°C	40,00
pH	7,90	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Color	67	UPC	Análisis y Reporte
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	29	mg/l	90,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	123	mg/l	180,00
Fósforo Total	2,644	mg P/l	Análisis y Reporte
Grasas y Aceites	13	mg/l	20,00
Hidrocarburos Totales	<0,2	mg /l	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total	<3,0	mg N/l	Análisis y Reporte
Sólidos Sedimentables	0,4	ml/l	5,00
Sólidos Suspendidos Totales	65	mg SST/l	90,00
Detergentes- Tensoactivos (SAAM)	<0,5	mg SAAM/l	Análisis y Reporte
Ortofosfatos	2,075	mg P/l	Análisis y Reporte
Nitritos	0,178	mg NO ₂ /l	Análisis y Reporte
Nitratos	0,452	mg NO ₃ /l	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal	39	mgNH ₃ /l	Análisis y Reporte

Fuente: Construcsuelos suministros LTDA, 2016.

Las variables presentan un comportamiento regular, los cuales no exceden los límites máximos permisibles establecidos por la legislación colombiana (Resolución 631:2015), ni presentan variaciones significativas entre cada horario de recolección. Como indicador de desempeño operacional el TAY – CGDSS genera 6336 litros de agua residual doméstica en una jornada académica de normal funcionamiento, equivalente a 9,4 l / usuario / día.

2.2 Capítulo 2 – Indicadores de condición ambiental para medir la sostenibilidad en Instituciones de Educación (IE). Caso de estudio campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, TAY - CGDSS, SENA Pitalito – Huila.

2.2.1 Objetivo 2.

Establecer indicadores de condición ambiental a partir de la aproximación de la huella ecológica en el campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, CGDSS, SENA Pitalito – Huila.

2.2.2 Huella ecológica, indicador de condición ambiental para evaluar la sostenibilidad en IE

Los indicadores ambientales se consideran conceptos instrumentales que deben agregarse a los objetivos de la sociedad. Cada indicador debe estar relacionado con un problema ambiental particular. Por lo tanto, el indicador de un sistema ambiental responde a un interés genérico y completamente social: la sostenibilidad del desarrollo (Campos, Heizen, Verdinelli, & Cauchick, 2015). Los indicadores de sostenibilidad se miden directa o indirectamente a partir de la calidad ambiental y expresan el desempeño de las organizaciones (Lopes, Charlet, & Lopes, 2015). Los autores agregan que estos indicadores se utilizan para evaluar y presentar las tendencias de las condiciones para un entorno determinado. También permiten verificar la efectividad de las acciones implementadas y compararlas con las obtenidas por organizaciones similares.

La Norma Técnica Colombiana NTC ISO 14031:2013 es una referencia conceptual a la selección de indicadores de condición ambiental. Entre otros indicadores, la NTC – ISO 14031:2013 describe a los Indicadores de Condición Ambiental (ICA) como una categoría para evaluar el desempeño ambiental (EDA) de las organizaciones. Los ICA corresponden a los indicadores de estado, proporcionan a la organización información sobre la condición ambiental local, regional, nacional o global del medio ambiente (ISO 14031, 2013b). Esta información puede ayudar a la misma a comprender mejor el impacto real o potencial de sus aspectos ambientales.

Arroyo et al., (2009) plantean que cada individuo, cada proceso, cada actividad y cada población tiene un impacto en la Tierra debido a los recursos que consume, a la generación de residuos que produce, así como al uso de los servicios proporcionados por la naturaleza. Estos impactos pueden convertirse o transformarse en área biológicamente productiva (o biocapacidad). En este sentido, destaca por su gran potencial pedagógico y de seguimiento de la actividad de cualquier organización, la Huella Ecológica (HE). Los investigadores Wackernagel & Rees (1996), plantearon un índice de sostenibilidad para evaluar los avances en este terreno, definiendo HE como “el área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesario para producir los recursos utilizados y para

asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma indefinida, sea donde sea que se encuentre esta área". Tanto la biocapacidad como la HE se expresan en una misma unidad: hectáreas globales (hag) (Hernandez & Cano, 2014).

En los últimos años, las instituciones de educación (IE) en todo el mundo han sido alentadas a fortalecer su papel en el logro de sociedades sostenibles. Como actores educativos clave en la sociedad, se supone que deben preparar a los estudiantes para los desafíos relacionados con el desarrollo sostenible, que la sociedad enfrenta hoy y en el futuro (Lambrechts & Liedekerke, 2014). Para Waas et al., (2012) la integración del desarrollo sostenible en la educación solo puede ser efectiva y creíble si las IE está desempeñando un papel ejemplar, es decir, también incorporando principios de desarrollo sostenible en sus propias operaciones. Según Lozano, Lukman, Lozano, Huisinigh, & Lambrechts (2011), las IE de todo el mundo toman medidas considerables para integrar el desarrollo sostenible en sus operaciones a través de iniciativas prácticas, por ejemplo, desarrollo de sistemas de gestión ambiental, evaluación de sostenibilidad e informes. Por lo tanto a medida que las organizaciones, como las Instituciones de educación (IE), avancen hacia formas más sostenibles de medir el progreso, se averiguarán las emisiones de gases de efecto invernadero y el análisis de la HE (Klein-Banai & Theis, 2011).

Este capítulo tiene por objeto establecer indicadores de condición ambiental a partir del cálculo y evaluación de la HE del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano (CGDSS) campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró, SENA Pitalito – Huila, Colombia, y en particular sus emisiones de CO₂, en tanto que se trata de uno de los aspectos que más afectan a la sostenibilidad ambiental al incidir directamente sobre el cambio climático. Estos indicadores miden el impacto de los usuarios y la comunidad académica sobre su entorno considerando los recursos necesarios, los residuos generados, y el espacio utilizado para el desarrollo de las actividades (Docencia, Investigación y Gestión del campus) asociadas a procesos directos de formación. Así mismo se determinó la importancia de cada uno de los aspectos ambientales tenidos en cuenta dentro del cálculo global, que permitan establecer para un futuro las prioridades a la hora de reducir los impactos del TAY – CGDSS sobre el entorno.

2.2.3 Método

Los cálculos de HE se basaron en los métodos y procedimientos de Wackernagel & Rees (1996) y López (2007) de la oficina de desarrollo sostenible, Universidad Santiago de Compostela en España. Estos métodos se caracterizan por tener una estructura simplificada y porque considera aquellos factores directamente relacionados con la vida cotidiana de la población. A estos métodos se les realizaron los ajustes necesarios para adaptarlas a nuestras condiciones. Concretamente, se han calculado las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) asociadas a los consumos de recursos y producción de contaminantes generados por las actividades académicas del campus, a partir de factores de conversión. Estas emisiones serán posteriormente traducidas a superficie de territorio (hectáreas de bosque y hectáreas globales de territorio productivo estándar) necesaria para asimilarlas. Esto permite que la HE de la IE sea directamente comparable con la obtenida en otros lugares del mundo.

Con el propósito de determinar cuáles son los principales tipos de consumos y contaminantes que generan emisiones en el ámbito académico y que, por tanto, deberían ser tenidos en cuenta en nuestro análisis, se ha realizado una revisión de la literatura científica, y específicamente de los estudios previos realizados sobre la HE en instituciones de educación tanto en Colombia como a nivel internacional. El resumen de esta revisión aparece en la Tabla 10, que muestra tanto las hectáreas globales (hag) como los variables que se ha tenido en cuenta en cada caso.

Tabla 10. Estudios sobre la huella ecológica realizados en instituciones de educación.

INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN	LOCALIZACIÓN	ASPECTO AMBIENTAL						HUELLA ECOLÓGICA (hag/persona/año)	FUENTE
		ALIMENTACIÓN	ENERGÍA	AGUA	PAPEL	MOVILIDAD	RESIDUOS		
Universidad de Santiago de Compostela	Santiago de Compostela (España)		X	X	X	X	X	0,21	(López, 2007)
Universidad de León (campus de Vegazana)	León (España)		X	X	X	X	X	0,45	(Arroyo et al., 2009)
Universidad del Valle (campus de Meléndez)	Cali (Colombia)	X	X	X	X	X	X	0,5	(Agredo, 2009)
Universidad Politécnica de Valencia	Valencia (España)	X	X	X	X	X	X	0,76	(Puchades, De la Guardia, & Albertos, 2012)
Universidad de Valladolid	Valladolid (España)		X	X	X	X	X	0,34	(Hernandez & Cano, 2014)
Universidad de Nariño	San Juan de Pasto (Colombia)			X	X	X	X	0,32	(Burgos & Figueroa, 2016)
I.E. Norte de Santander	Norte de Santander, Zona Rural (Colombia)		X	X		X	X	0,01	(Castro, George, Riatiga, Vera, & Castro, 2016)
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira (Colombia)	X	X	X	X	X	X	0,11	(Molina & Ocampo, 2016)
Corporación Universitaria Minuto de Dios	Bogotá (Colombia)		X	X	X	X	X	0,65	(Avila, 2016)

Fuente: el autor, 2018.

En este trabajo se ha optado no considerar el aspecto de huella la ecológica derivada de la “alimentación” y la “movilidad”, esto se debe a la no disponibilidad de la información de los consumos asociados a las compras de productos, a la dificultad de identificar y monitorear los medios de transporte empleados diariamente por los usuarios de la IE caso de estudio, así como las consecuentes emisiones de CO_2 de cada uno de ellos y por razones de comparabilidad; siguiendo a Lambrechts & Liedekerke (2014), quienes afirman que el análisis de estos componentes se debe usar e interpretar con cuidado debido a que los métodos utilizados no son adecuados para comparar resultados entre diferentes HE. Por lo tanto, para el cálculo de la HE en el campus se utilizó información primaria basada en el consumo de recursos (agua, energía, papel, materiales de construcción) y generación de contaminantes (residuos sólidos, vertimientos) durante el año 2015 y 2016, los cuales en algunos casos fueron detallados en el capítulo I (Literal 2.1.4), mientras que en otros (consumo de papel y materiales de construcción), ha sido necesario obtener datos de los que no se disponía previamente. De acuerdo con lo anterior, el cálculo de HE en el campus TAY - CGDSS se describe a continuación:

2.2.3.1 *Cálculo de emisiones de CO_2*

Para obtener las emisiones de CO_2 que se liberan a partir de los consumos de recursos naturales y generación de contaminantes en la IE, se utilizan factores de emisión o conversión (F_E) como se muestran en la ecuación 2. los F_E son un valor representativo que relaciona la cantidad de un gas emitido a la atmosfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERIA., 2015). Debido a que el Departamento del Huila y Colombia no cuenta con F_E propios, se emplean los factores por defecto propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC (IDEAM; PNUD; Alcaldía de Bogotá; Gobernación de Cundinamarca; CAR; Corpoguavio; Instituto Alexander von Humboldt; Parques Nacionales Naturales de Colombia; MADS; DNP., 2012).

$$\text{Emisiones de } CO_2 (tCO_2) = C_i * F_E \quad (E.2)$$

Donde;

F_E =Factor de emisión (tCO_2/Un).

C_i (Un) = Unidades de consumo y generación de contaminantes anuales [Agua (m^3); Energía (kWh); Papel (kg); Construcción (m^2); Residuos sólidos no peligrosos y peligrosos (kg de residuo); Vertimientos (m^3)].

En la tabla 11 se presenta toda la información recopilada referida a las diferentes variables de consumos y generación de contaminantes, así como los factores de emisión/conversión de cada tipo; elemento necesario para el cálculo del volumen de emisiones asociado a cada uno de ellos. Estos F_E son los más comúnmente utilizados tanto en la literatura científica como por parte de organismos oficiales, teniendo como prioridad a los factores locales frente a los globales siguiendo los criterios establecidos por Wackernagel y Ress. En algunos casos los F_E , tal y como se encuentran en las fuentes consultadas, no están expresados en las mismas unidades que los consumos a los que deben aplicarse; por lo que es necesario una transformación posterior, teniendo en cuenta las diferentes equivalencias entre unidades.

Para el cálculo de las emisiones generadas por consumo de energía eléctrica ha sido necesario acudir a La Unidad de Planeación Minero Energética - UPME que es la encargada de la planeación integral del sector minero energético y la evaluación de la oferta y demanda de energía la cual realizó un diagnóstico del Sistema Interconectado Nacional de Colombia (S.I.N) y calculó un F_E en el país para el año 2017 que “permite estimar las emisiones de GEI asociadas a la generación o al desplazamiento de energía eléctrica de dicha red” (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2017).

Así mismo, con respecto al cálculo de CO_2 asociado al consumo de agua en la IE se consideró la cantidad de energía que se consume en el proceso de potabilización. Cada litro de agua supone un alto costo energético, que, para esta investigación, por falta de información primaria, se emplearon los datos generados las empresas públicas de Cali, EmCali (Revista ambiental Catorce6, 2017).

Tabla 11. Consumos del campus TAY – CGDSS y Factores de conversión para el cálculo de emisiones de CO₂

<i>VARIABLE</i>	<i>CONSUMO/ GENERACIÓN ANUAL</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>FACTOR DE EMISIÓN</i>	<i>FUENTE</i>
<i>Consumo de agua potable</i>	2656	m ³	0,28 kWh/m ³	(EmCali, 2017)
<i>Consumo de energía eléctrica</i>	100858	kWh	0,21 tCO ₂ /MWh	(Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2017)
<i>Consumo de Papel</i>	200	kg	27,1 GJ/t	El autor, 2018. A partir de (Unidad de Planeación Minero Energética, 2001)
<i>Materiales de construcción</i>	10207	m ²	0,4302 tCO ₂ /m ²	(Molina & Ocampo, 2016)
<i>Generación de Residuos sólidos no peligrosos</i>	11178	kg	2,12 tCO ₂ eq /t Residuo	El autor, 2018. a partir (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA, 2015)
<i>Generación de residuos peligrosos</i>	293	kg	0,092 tCO ₂ /kg residuo	(IPCC, 2006)
<i>Generación de vertimientos</i>	1294	m ³	73 kgCO ₂ /pers ona	(IPCC, 2006)

Fuente: el Autor, 2018

La información de consumo de papel anual tanto para administrativos como instructores docentes, fue proporcionada por el “almacén” del campus del TAY – CGDSS. Con respecto al cálculo del F_E asociado al consumo de papel se utilizó el requerimiento energético para la fabricación de una tonelada de papel (27,1 GJ/t) y el F_E de consumo de energía eléctrica (0,00021 tCO₂ eq/kWh).

Por su parte, en el cálculo de emisiones de residuos sólidos, el F_E se obtuvo a partir de las cantidades de emisiones de CO₂ estimadas para el país, así como la cantidad de residuos que son recolectados y transportados a través del servicio público de aseo que se encuentran en la Actualización del Primer Informe Bienal de Colombia (2015).

En el caso de la estimación de las emisiones asociadas a la construcción de las edificaciones, se ha realizado aplicando la ecuación 3, que tiene en consideración los años de vida útil de las construcciones, estimadas en 50 años (López, 2007), con el fin de “anualizar” el cálculo y permitir su incorporación a la suma global. Además, es el tiempo que se estima que

transcurre, sin que sea necesario realizar obras de acondicionamiento de envergadura suficiente como para modificar el valor del factor.

$$\frac{\text{Superficie total construida (m}^2\text{)}}{\text{Vida útil edificaciones}} \times \text{Factor de emision} \quad (\text{E.3})$$

2.2.3.2 Cálculo de la huella ecológica (HE)

Una vez calculadas todas las emisiones se utilizó la ecuación 4. para determinar la HE del campus TAY - CGDSS.

$$HE\left(\frac{\text{ha}}{\text{año}}\right) = \frac{\text{Emisiones (tCO}_2\text{)}}{\text{C.fijacion}\left(\frac{\text{tCO}_2}{\frac{\text{ha}}{\text{año}}}\right)} + \text{superficieCampus}\left(\frac{\text{ha}}{\text{año}}\right) \quad (\text{E.4})$$

v Fuente: López, 2007

Donde;

Superficie del Campus: = Área del campus TAY – CGDSS.

Capacidad de fijación= 1,92 tCO₂/ha/año

La relación entre la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, y la capacidad de fijación de CO₂ de la masa forestal del campus TAY - CGDSS (1,92 tCO₂/ha/año) (Gaviria, 2016), permite obtener la superficie de bosque forestal necesario para asimilar las emisiones de CO₂. A esta superficie de bosque se aumentó directamente el espacio ocupado por las edificaciones del centro de formación.

2.2.3.1 Factores de equivalencia para la huella ecológica

A fin de comparar resultados de HE a partir de áreas con diferentes características, estas se expresan en una unidad equivalente a una hectárea de productividad ajustada llamada *hectárea global* (hag). Una hag representa una hectárea biológicamente productiva mediante el promedio mundial de productividad (Galli, 2015), otros referentes definen hag como una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber residuos (Wackernagel & Rees, 1996). La conversión de las áreas de tierra reales en hag se realiza por medio de factores de equivalencia, al traducirlas a hag, las áreas de mayor y menor productividad se normalizan (WWF International, 2016). De acuerdo con lo anterior, el factor de equivalencia asumido en el estudio de caso es 2,21 hag/ha, el cual corresponde tanto a superficie artificializada como para la Agricultura (tierras principales), debido a que estos tipos de superficies consideran áreas ocupadas por infraestructura y áreas destinadas para la producción de alimentos respectivamente (Ecuación 5).

$$HE\left(\frac{hag}{año}\right) = HE\left(\frac{ha}{año}\right) * 2,21\left(\frac{hag}{ha}\right) \quad (E.5)$$

Fuente: López, 2007

2.2.3.2 Cálculo de la huella ecológica per cápita

Para determinar la huella ecológica per cápita, se divide la HE en el número de personas pertenecientes a la comunidad educativa, utilizando la ecuación 6.

$$HE_{percapita} = \frac{HE}{P} \quad (E.6)$$

Donde;

HE_{per cápita}= huella ecológica per cápita.

HE= huella ecológica.

P= número de personas que integran la institución de educación caso de estudio.

2.2.4 Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados del estudio, tanto del total de las emisiones de CO₂ e asociadas al consumo de recursos, materiales y generación de contaminantes del campus TAY - CGDSS como el total de hectáreas de bosque necesarias para asumir dichas emisiones.

2.2.4.1 Emisiones de CO₂ campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró – CGDSS

Las emisiones de CO₂ comenzaron a ser medidas en las IE a nivel mundial a partir de la existencia del Protocolo de Kyoto, que entró en vigor en el año 2005 y que marca una serie de objetivos con respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La tabla 12 muestra el volumen de emisiones estimados para los diferentes aspectos ambientales considerados.

Tabla 12. Emisiones de CO₂ asociado a los aspectos asociadas al consumo de recursos, materiales y generación de contaminantes del campus TAY – CGDSS

<i>Variable ambiental</i>	<i>Emisiones de CO₂</i>	
	tCO ₂ e / año	tCO ₂ e / pers / año
<i>Consumo de agua</i>	1,5	0,002
<i>Consumo de energía</i>	21,2	0,026
<i>Consumo de papel</i>	0,3	0,0004
<i>Consumo material de Construcción</i>	87,8	0,107
<i>Generación de residuos sólidos urbanos</i>	7,4	0,009
<i>Generación de residuos peligrosos</i>	19,1	0,023
<i>Generación de Vertimientos líquidos</i>	60,2	0,073
<i>Total</i>	197,5	0,24

Fuente: el autor, 2018

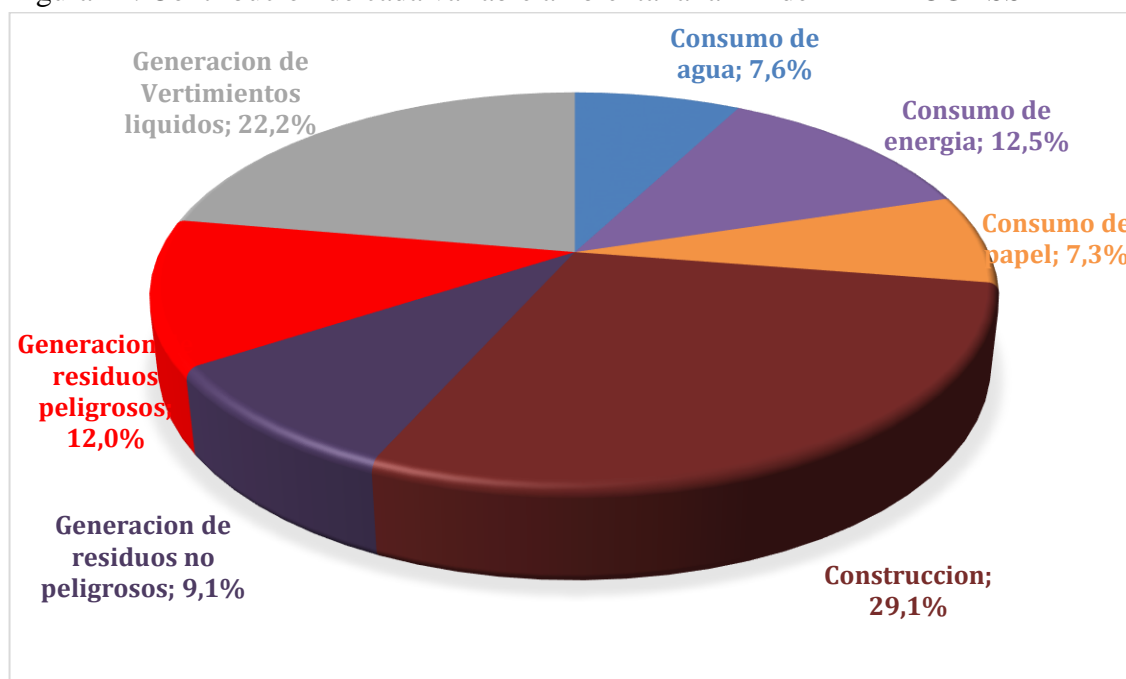
Del total de emisiones generadas (197,5 tCO₂ e) en la IE caso de estudio, destaca como principal contribuyente las edificaciones del campus de formación, con el 44,5% del total. Seguidamente se evidenció otros aspectos responsables de las emisiones: la generación de vertimientos (30,5%), residuos sólidos (13,4%) y el consumo de energía eléctrica (10,7%) en mayor proporción. En cambio, son el consumo de agua potable (0,8%) y papel (0,2%) las variables que menos emisiones de CO₂ e causan.

Según datos del Banco Mundial (2014), las emisiones de CO₂ per cápita, para Colombia, equivalen a 1,7 t. Los resultados de la investigación muestran que las emisiones de CO₂e del campus TAY - CGDSS es de 0,24 tCO₂e / persona / año. Este valor corresponde al 14% de la emisión per cápita de Colombia. La IE cuenta con especies forestales que son capaces de fijar 27 tCO₂/año. Es necesario reducir y/o compensar 170,5 tCO₂e.

2.2.4.2 Huella ecológica del campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró – CGDSS

Los resultados obtenidos para el 2015 – 2016 reflejan que la HE total del campus TAY – CGDSS es de 209 ha, equivalente a 462 hag de tierras productivas. Esto es 30 veces más que la biocapacidad de su área física, por lo que excede en gran medida la capacidad de su superficie para producir materiales y absorber las emisiones de la IE. Las mayores contribuciones a la HE de la IE son el consumo de materiales de construcción (29%), generación de vertimientos (22%) y residuos sólidos (21%) la figura 12 muestra la distribución porcentual de cada componente o variable ambiental de la HE. El análisis señaló que la HE para diferentes componentes podría diferir fuertemente entre las áreas / edificaciones del campus de estudio. Además, un enfoque diferenciado y orientado al contexto particular de cada IE es importante, ya que los componentes con un alto impacto en un campus podrían tener un bajo impacto en otro campus.

Figura 12. Contribución de cada variable ambiental a la HE del TAY - CGDSS



Por otra parte, la HE per cápita alcanza un valor de 0,25 ha /persona / año ó 0,56 hag /persona /año. Este valor es difícilmente comparable con el de otras investigaciones, pues las variables disponibles en cada caso hacen difícil una comparación plena. No obstante, el valor hallado está dentro del rango existente para otras IE en la que se cuenta con estudios (Tabla 10). La HE total de cada IE consultada oscila entre 10,15 hag y 21257,9 hag y la HE per cápita entre 0,01 y 2,24 hag, esto se refiere claramente a las diferencias en el enfoque de HE y las dificultades para usar el análisis de HE con fines comparativos.

En Colombia la HE per cápita en el 2014 fue de 1,9 hag / persona / año. Desde 1961, Colombia ha sido un acreedor biológico debido a que su biocapacidad es 100% más grande que su HE (Global Footprint Network, 2017). Por lo que trabajar o estudiar en el TAY – CGDSS aumenta la HE de una persona en 0,56 hag.

Ahora bien, el análisis de la HE permite plantear iniciativas para ser implementadas dentro de las operaciones del campus de estudio, con el propósito de reducir la HE, señalando, que se debe dar prioridad al consumo de papel y reduciendo su uso y cambiando a papel reciclado con un potencial de 7,3 % de reducción, seguido por el consumo de agua y generación de residuos no peligrosos con un escenario de reducción de 7,6 y 9,1 % respectivamente.

En definitiva, la HE es un análisis específico que depende de factores relacionados con la ubicación geográfica (rural, urbana), el alcance y el comportamiento de la población. Por lo tanto, la sostenibilidad de una institución debe evaluarse en el contexto más amplio de la ubicación y su influencia con el entorno. Así pues, la HE se puede utilizar como una medida de sostenibilidad que evalúa una amplia gama de impactos permitiendo observar el progreso en el tiempo dentro de los límites definidos.

3 Conclusiones

- La principal contribución de este estudio es la construcción de una batería o conjunto de indicadores para evaluar la sostenibilidad ambiental en IE, contribuyendo a determinar de manera cuantitativa los impactos ambientales causados por actividades académicas en el entorno. Directivos, usuarios y el público cuentan con una herramienta de medición fácil de usar que puede ayudarlos a comprender la verdadera intención de las IE al momento de implementar actividades asociadas a la protección y gestión ambiental.

Ahora bien, este estudio es un aporte inicial en la determinación de patrones de consumo en centros educativos, que se deben validar en otras instituciones para estandarizar umbrales de consumo de recursos naturales y generación de contaminantes de acuerdo a los usos que se realizan en cada IE.

- Se logra evaluar la sostenibilidad ambiental del TAY – CGDSS a través de la generación de 15 criterios de desempeño operacional (IDO) y 4 de condición ambiental (ICA) asociados a actividades de docencia, investigación y gestión del campus. Entre otros, el presente estudio determina IDO para el consumo de agua potable y energía eléctrica de 15,3 l / usuario / día y 0,6 kWh / usuario / día respectivamente. Con respecto a la generación de contaminantes por residuos sólidos no peligrosos, el indicador referente es de 66,5 g / usuario / día, residuos peligrosos 328,4 g / usuario / año y vertimientos líquidos 9,4 l / usuario / día.

En relación a los ICA se obtuvo que el campus TAY - CGDSS requiere aproximadamente 30 veces de su superficie para mantenerse bajo la lógica del consumo actual, obteniendo una huella de carbono y una huella ecológica de 0,24 tCO₂e / persona / año y 0,56 hag / persona / año respectivamente. Por lo tanto, el impacto ambiental debido a las actividades académicas y al estilo de vida por usuario equivale al 29,5% del impacto debido al modelo de vida colombiano.

- Los criterios de referencia de consumo de agua para instituciones de educación establecidos en la NTC 1500 de 2004 no reflejan la realidad, regulando valores superiores a los consumos actuales de estas instituciones. Por otro lado, en cuanto a referentes de uso de energía y generación de residuos sólidos, es evidente que la normatividad colombiana carece de estándares o indicadores que permitan comparar y evaluar los patrones de consumo. Dichas condiciones pueden llevar a una señal equivocada para implementar programas de ahorro y eficiencia energética.

- La caracterización de los residuos, como se destaca en este documento, proporcionó una mejor comprensión del patrón de generación de desechos en el campus del TAY - CGDSS, determinando que la tasa de generación de los residuos sólidos no peligrosos por usuario es 35% más pequeña si se compara con valores de otras IE a nivel internacional y 21% más alta si se compara con IE. Así mismo, el indicador generado para los residuos sólidos peligrosos es una de las tasas de generación más grandes en comparación con otras IE del país. Se necesitan políticas estratégicas y participación de la comunidad para la reducción de la fuente y el reciclaje de los desechos.
- Los indicadores generados por el uso de energía eléctrica, se utilizan para realizar la gestión energética en el campus siguiendo los requerimientos de la norma ISO 50001:2011 para la caracterización energética, además de la continuidad de un sistema de gestión de la energía como lo establece en la norma, que involucre los indicadores implementados y acciones correctivas tanto en la instalación como en los hábitos de los usuarios.
- El aporte desde la perspectiva de las Ciencias Ambientales al desarrollo de este tipo de proyectos, es proporcionar a las IE una herramienta de gestión, que permitirá evaluar de manera dinámica a través del tiempo su sostenibilidad ambiental así como de verificar el desempeño de los programas implementados con el fin de optimizar el uso de los recursos, que indiscutiblemente conlleva beneficios económicos y ambientales; Por otro lado, los hallazgos en este estudio son aplicables a otras IE que desean avanzar de forma más rápida hacia la sostenibilidad. La metodología planteada en el proyecto puede ser utilizada por cualquier IE, independientemente del estado en que se encuentre con respecto a la gestión ambiental, lo que le otorga un carácter de replicabilidad.

3.1 Recomendaciones

- Es importante hacer énfasis en la continuidad del proceso de construcción, seguimiento y evaluación del comportamiento histórico de los indicadores en el campus del TAY como en el CGDSS, mediante la implementación de un sistema de medición e información haciendo uso de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC'S); ya que no solo permite comparar internamente el nivel de eficiencia y mejoras que se van realizando, sino también realizar la comparación con otros campus cuyas actividades estén relacionadas con la educación y tengan características constructivas similares.
- Con el propósito de realizar el balance hidráulico y energético en el campus de formación es necesario instalar equipos de medición en cada uno de los consumidores finales identificados, de acuerdo con el uso del agua potable y energía eléctrica. En la presente investigación por falta de recursos económicos no se contó con suficientes instrumentos de medición.
- Para un mayor ahorro y uso eficiente de agua en el campus TAY - CGDSS es necesario la adaptación e implementación de nuevas tecnologías que maximicen la eficiencia del consumo, dado que el 82% de las instalaciones sanitarias no cuentan con algún tipo de equipamiento u optimizador de consumo ya sea reductor de caudal, aireador, o tecla de interrupción de doble descarga, lo cual se convierte en una oportunidad de uso eficiente y ahorro de agua en el campus. Así mismo para la implementación y desarrollo de un programa de uso eficiente y ahorro de agua en el campus TAY, es prioritario reparar las fugas presentes en la facultad y los dispositivos que presentan condiciones irregulares.
- La HE es un método para traducir la complejidad de la presión ecológica en un marco comprensible. Sin embargo apuntar hacia un indicador integrado comprende el riesgo de simplificación excesiva, subestimación o sobreestimación de componentes desconocidos, que a su vez da como resultado la incapacidad de comparar resultados (Lambrechts & Liedekerke, 2014). No obstante para fines de comparación de la HE con otros campus es recomendable considerar en el análisis los componentes de *movilidad* y *alimentación*, pues en selección de IE basados en la HE publicadas (tabla 10) se encontró que el 100% de los estudios consideró al componente de movilidad, mientras que el 53% incluyó en su análisis el componente de alimentación. Así mismo se hace necesario conocer el impacto real generado por la *construcción de la infraestructura* del campus académico, con lo cual se requiere identificar y

calcular los principales materiales que conforman las edificaciones del TAY – CGDSS.

- A partir del calculo de la HE se evidencia información y cartografía básica que ha permitido una aproximacion al inventario de especies forestales en el campus del TAY - CGDSS; sin embargo se hace necesario realizar estudios que logren conocer el 100% de las especies presentes en los diferentes ecosistemas que hacen parte del campus de formacion, con el fin de cuantificar el contenido de carbono almacenado, los cuales hacen un aporte importante a la reducción de GEI generadas. Esta información además servirá de punto de partida para la toma de decisiones referente al manejo que debe dársele a estas especies.
- Para reducir la huella ecológica se debe comenzar a mejorar los hábitos como lo son el mal uso del papel, el desperdicio de energía y tomar medidas correctivas entre las que se pueden resaltar sembrar nuevos árboles, limpiar los cuerpos de agua etc., ya que los usuarios con sus actividades están entre los principales emisores de GEI.

4 Referencias

- Agredo, L. V. (2009). Aproximación a La Huella Ecológica De La Universidad Del Valle, Campus Universitario de Meléndez. En *XI Encontro Nacional Da Ecoeco VII Congresso Iberoamericano Desarrollo y Ambiente. Congreso dirigido por la Universidad Central de Araraquara-Sp - Brasil*.
- Alshuwaikhat, H. M., & Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1777-1785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.12.002>
- Arroyo, P., Alvarez, J., Falagan, J., Martinez, C., Ansola, G., & Calabuig, E. (2009). Huella ecológica del campus de Vegazana (Universidad de León) Una aproximación a su valor. Implicaciones en la sostenibilidad de la comunidad universitaria. *Seguridad y medio ambiente*, 113(1888-5438), 38-51.
- Avila, L. (2016). *Cálculo de la Huella Ecológica generada por la Corporación Universitaria Minuto de Dios (Tesis de pregrado)*. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Recuperado a partir de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4891/TAIG_AvilaLauraJimena_2016.pdf?sequence=1
- Banco Mundial. (2014). Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita) | Data. Recuperado 19 de abril de 2018, a partir de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?view=map>
- Bonnet, J.-F., Devel, C., Faucher, P., & Roturier, J. (2002). Analysis of electricity and water end-uses in university campuses: case-study of the University of Bordeaux in the framework of the Ecocampus European Collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 1(10), 13-24. Recuperado a partir de <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-d543768f-4b57-38e3-b1d8-f16e2ded2381>
- Burgos, C., & Figueroa, M. (2016). *Aproximación al Cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad de Nariño (Tesis de pregrado)*. Universidad de Nariño. Recuperado a partir de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/91574.pdf>
- Campos, L., Heizen, D., Verdinelli, M., & Cauchick, P. (2015). Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. *Journal of Cleaner Production*, 99, 286-296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.019>
- Castro, L. A., George, S., Riatiga, H., Vera, E. J., & Castro, L. D.-P. (2016). Evaluación de la problemática ambiental en poblaciones marginales: caso de institución educativa del departamento de Santander, Colombia. *Ingeniería solidaria*, 12(19), 81. <https://doi.org/10.16925/in.v12i19.1196>
- Chacón, I., Pinzón Vargas, A. C., Ortigón Cortázar, L., & Rojas Berrio, S. P. (2016). Alcance y gestión de la huella de carbono como elemento dinamizador del branding por parte de empresas que implementan estas prácticas ambientales en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 32(140), 278-289. <https://doi.org/10.1016/J.ESTGER.2016.08.004>
- Construcsuelos suministros LTDA. (2016). *Caracterización Físicoquímica De Agua Residual, Superficial Y Potable Del Tecnoparque Sena Yamboro Pitalito - Huila*. Pitalito - Colombia.
- Cortes, M., & Agudelo, M. (2012). *Actualización y unificación de los planes de gestión integral de residuos hospitalarios y peligrosos (RESPEL) en la Universidad Tecnológica de*

- Pereira según la legislación vigente (Tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado a partir de <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/3637297C828.pdf>
- Dahle, M., & Neumayer, E. (2001). Overcoming barriers to campus greening. *Sustainability in Higher Education*, 2 (2), 139-160.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Censo general 2005. Recuperado 20 de junio de 2018, a partir de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- Dinçer, I., & Rosen, M. (Marc A. . (2007). *Exergy: energy, environment, and sustainable development*. (Elsevier, Ed.) (2.^a ed.). Canada.
- Gallardo, A., Edo-Alcón, N., Carlos, M., & Renau, M. (2016). The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Management*, 53, 3-11. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2016.04.013>
- Galli, A. (2015). On the rationale and policy usefulness of Ecological Footprint Accounting : The case of ScienceDirect On the rationale and policy usefulness of Ecological Footprint Accounting : The case of Morocco. *Environmental Science and Policy*, 48(February), 210-224. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.01.008>
- Gaviria, R. (2016). Carbono Capturado Yamboró. Recuperado 16 de abril de 2018, a partir de <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=1da779c283364af096ce05308ba3b047>
- Global Footprint Network. (2017). Country Trends. Recuperado 20 de abril de 2018, a partir de <https://www.footprintnetwork.org/our-work/countries/>
- Gong, M., & Wall, G. (2001). On exergy and sustainable development—Part 2: Indicators and methods. *Exergy, An International Journal*, 1(4), 217-233. [https://doi.org/10.1016/S1164-0235\(01\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S1164-0235(01)00030-9)
- Guerrero, J., Fuentes, G., & Salazar, M. (2013). Evaluación Del Desempeño Ambiental Del Sector Manufacturero Del Departamento De Risaralda. *Scientia et Technica*, 18 (1)(49), 253-260. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22517/23447214.8733>
- Guía Técnica Colombiana GTC 24. (2009). Guía para la separación en la fuente. Recuperado a partir de http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC_24_DE_2009.pdf
- Hernandez, E., & Cano, C. (2014). *La Huella Ecológica de la Universidad de Valladolid*. Valladolid, España. Recuperado a partir de http://www.uva.es/export/sites/uva/7.comunidaduniversitaria/7.09.oficinacalidadambiental/_documentos/LA-HUELLA-ECOLOGICA-EN-LA-UNIVERSIDAD-DE-VALLADOLID.pdf
- IDEAM. (2016). *Desechos peligrosos en colombia 2016*.
- IDEAM; PNUD; Alcaldía de Bogotá; Gobernación de Cundinamarca; CAR; Corpoguavio; Instituto Alexander von Humboldt; Parques Nacionales Naturales de Colombia; MADS; DNP. (2012). *Inventario de emisiones de gases efecto invernadero de la región Capital*.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA. (2015). Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia. Bogotá D.C. Colombia. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERIA. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia. Tercera Comunicacion Nacional de Cambio*

- Climatico de Colombia*. Bogotá, Colombia.
- IHOBE. (1999). *Indicadores Medioambientales para la Empresa*. Berlin: Ministerio Federal de Medio Ambiente, Bonn y Agencia Federal Medioambiental. Recuperado a partir de https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/430/52300/1/Documento.pdf
- Lojă, C. I., Onose, D. A., Grădinaru, S. R., & Șerban, C. (2012). Waste Management in Public Educational Institutions of Bucharest City, Romania. *Procedia Environmental Sciences*, 14, 71-78. <https://doi.org/10.1016/J.PROENV.2012.03.008>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. (K. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. Tanabe, Ed.), IGES (Vol. 53). Japón. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Isaac, C., Díaz, S., La Rosa, M., Hernández, R., Hevia, L., & Gómez, J. (2010). Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental de los Centros de Educación Superior (CES). *Ciencias Químicas*, 41, 1-12. Recuperado a partir de www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620500040%0D
- ISO 14001. Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso (2015). Recuperado a partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- ISO 50001:2011. (2011). Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso. Recuperado a partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>
- ISO 14031. ISO 14031:2013, Gestión ambiental — Evaluación del desempeño ambiental - Directrices generales (2013). Recuperado a partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14031:ed-2:v1:es>
- ISO 14031. Ntc 14031 (2013).
- Klein-Banai, C., & Theis, T. L. (2011). An urban university's ecological footprint and the effect of climate change. *Ecological Indicators*, 11(3), 857-860. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2010.11.002>
- Kunitoshi, S. (2000). CEPIS/OPS-HDT 17 : Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Recuperado 19 de marzo de 2018, a partir de <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Lambrechts, W., & Liedekerke, L. Van. (2014). Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes. *Ecological Indicators*, 45, 402-406. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.043>
- Leme, P., Pavesi, A., Alba, D., & González, M. (2011). *Visões E Experiências Ibero-Americanas De Sustentabilidade Nas Universidades*. 3. *Seminário Internacional de Sustentabilidade na Universidade*. Brasil: Gráficas Alhambra.
- Lopes, Ma., Charlet, L., & Lopes, A. (2015). Indicadores de Desempenho Ambiental para Empresas com Atividade Galvânica. Recuperado a partir de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127172/1/2005AA-060.pdf>
- López, N. (2007). *Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades*. Congreso nacional del medio ambiente. Santiago de Compostela, España.
- Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F., Huisingh, D., & Lambrechts, W. (2011). Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of Cleaner Production*, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>
- Manco, D., Guerrero, J., & Morales, T. (2017). Estimación De La Demanda De Agua En Centros Educativos: Caso De Estudio Facultad De Ciencias Ambientales De La Universidad

- Tecnológica De Pereira, Colombia. *Luna Azul*, (44), 153-164.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.9>
- Marcote, V., & Suárez, Á. (2011). La Agenda 21 Y La Huella Ecológica Como Instrumentos Para Lograr Una Universidad Sostenible Investigación Didáctica. *Enseñanza de las ciencias*, 29(2), 207-220. Recuperado a partir de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2011v29n2/02124521v29n2p207.pdf
- Méndez, C. E. (2006). *Metodología : diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. (Limusa, Ed.). Mexico. Recuperado a partir de <https://www.casadellibro.com/libro-metodologia-diseno-y-desarrollo-del-proceso-de-investigacion-con-énfasis-en-ciencias-empresariales-4-ed-incluye-cd/9789589666982/1255269>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Páifico – IIAP, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Hu, M. y E. A.-I. (2007). *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC*. Recuperado a partir de http://www.ideam.gov.co/documents/11769/230863/20120517_MARCO_CONCEPT_SIAC_2007.pdf/c94e5ae5-ed5a-4af1-8dd6-39a0b6a7de5e
- Molina, J., & Ocampo, M. M. (2016). *Cálculo de la huella ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira (Tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/11059/6819>
- Municipalidad de Zaragoza y Fundación Ecología y Desarrollo. (2010). *Guía Práctica para el Ahorro de Agua y Energía en el Hogar*. Zaragoza, España. Recuperado a partir de <https://www.camarazaragoza.com/medioambiente/docs/publicaciones/publicacion98.pdf>
- Nicolaides, A. (2006). The implementation of environmental management towards sustainable universities and education for sustainable development as an ethical imperative. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 7(4), 414-424. <https://doi.org/10.1108/14676370610702217>
- Nieto, O., Nieto, M., Lozano, C. M., & Jiménez, L. F. (2010). Diagnóstico De La Generación Y Manejo De Residuos Sólidos En La Universidad Del Quindío Diagnosis. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, (20), 153-165. Recuperado a partir de http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/352f_RIU_Q2019.pdf
- Norma Técnica Colombiana. NTC 1500:2004. (2004). Código Colombiano de Fontanería. Bogotá D.C. Colombia. Recuperado a partir de http://www.colmayor.edu.co/uploaded_files/images/archivos/normograma/leyes/ntc1500_codigocolombianodefonderia.pdf
- Puchades, M., De la Guardia, A., & Albertos, J. (2012). La Huella De Carbono De La Universitat De València : Diagnóstico , Análisis Y Evaluación. *Cuadernos de geografía*, 89, 99-113. Recuperado a partir de <http://roderic.uv.es/handle/10550/31514>
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Resolución 0330 de 2017. (2017). [Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio]. Por el cual se adopta el reglamento tecnico para el sector Agua potable y saneamiento basico (RAS). República de Colombia.: 08 de junio de 2017.
- Resolución 631 de 2015. (2015). [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos

- puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otra. Colombia: Diario Oficial No. 49486 del 18 de abril de 2015. Recuperado a partir de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70346>
- Revista ambiental Catorce6. (2017). Eficiencia energética en sistemas de tratamiento de agua. Recuperado a partir de <https://www.catorce6.com/investigacion/14208-eficiencia-energetica-en-sistemas-de-tratamiento-de-agua>
- Romero, N., & Briceño, M. (2009). Fundamentos epistemológicos y educativos para abordar el concepto de naturaleza en cursos de educación ambiental. *Dialogos Educativos*, 17, 122-145.
- Ruiz, J. L., & Sirvent, I. (2018). Performance evaluation through DEA benchmarking adjusted to goals. *Omega*, 0, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.08.014>
- Ruiz, M. (2012). Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 28(1), 93-97. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a8.pdf>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2017). *Consumo Promedio per Cápita de Energía en el Sector Público Distrital*. Bogotá DC. Recuperado a partir de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?s=1&id=592>
- Smyth, D., Fredeen, A., & Booth, A. (2010). Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 1007-1016. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.008>
- Tilbury, D. (2011). Educación superior para el desarrollo sostenible. En *Visiones y experiencias iberoamericanas de sostenibilidad en las Universidades*. Brasil: Gráficas Alhambra.
- Trujillo, C., & Sarmiento, J. (2012). *Estrategias De Uso Eficiente Y Ahorro De Agua En Centros Educativos, Caso De Estudio, Edificio Facultad De Ciencias Ambientales – Universidad Tecnológica De Pereira (Tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado a partir de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2769/333912T866.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2001). *Determinación de la eficiencia energética del subsector industrial de pulpa y papel*. Recuperado a partir de <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1218>
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2017). *Factores De Emisión Del Sistema Interconectado Nacional Colombia-SIN*. Recuperado a partir de http://www1.upme.gov.co/ServicioCiudadano/Documents/Proyectos_normativos/Doc_calculo_del_FE_del_SIN_2016.docx
- United Nations Environment Program - UNEP. (2012). *Greening Universities Toolkit*. Recuperado a partir de http://www.unep.org/training/publications/Rio+20/Greening_unis_toolkit_120326.pdf
- Universidad de Sao Paulo. (2009). *USP SUSTENTABILIDADE Impacto Ambiental na Universidade de Sao Paulo*. Sao Paulo, Brasil.
- Universidad Nacional de Colombia - UNAD. (2015). *Consumo de agua en el campus de la sede bogotá*. Colombia.
- Velazquez, L., Munguia, N., & Ojeda, M. (2013). Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 46, 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.005>
- Viebahn, P. (2002). An environmental management model for universities: from environmental

- guidelines to staff involvement. *Journal of Cleaner Production*, 10, 3-12. Recuperado a partir de www.cleanerproduction.net
- Villalobos, Y. (2017). *Diagnóstico De Los Residuos Sólidos Y Peligrosos Generados En La Universidad De Cundinamarca Sede Fusagasugá (Tesis de pregrado)*. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD ESCUELA. Recuperado a partir de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12091/1/79556510.pdf>
- Waas, T., Kim, C., Wim, L., Joke, V., Rodrigo, L., & Tarah, W. (2012). Sustainable Higher Education - Understanding and Moving Forward. *Flemish Government – Environment, Nature and Energy Department*, 37.
- Wackernagel, M., & Rees, W. E. (1996). *Our ecological footprint : reducing human impact on the earth*. New Society Publishers. Recuperado a partir de https://books.google.com.co/books/about/Our_Ecological_Footprint.html?id=wBfsAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Wayne, D., & León, F. (2002). *Bioestadística : base para el análisis de las ciencias de la salud*. Limusa Wiley. Recuperado a partir de <https://www.casadellibro.com/libro-bioestadistica-base-para-el-analisis-de-las-ciencias-de-la-salud-4-ed/9789681861643/825704>
- WWF International. (2016). *Planeta Vivo Living Planet Informe Report 2016 Riesgo y resiliencia*. Recuperado a partir de http://awsassets.panda.org/downloads/informe_planeta_vivo_2016.pdf
- Zhang, N., Williams, I. D., Kemp, S., & Smith, N. F. (2011). Greening academia: Developing sustainable waste management at Higher Education Institutions. *Waste Management*, 31(7), 1606-1616. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.006>

ANEXOS

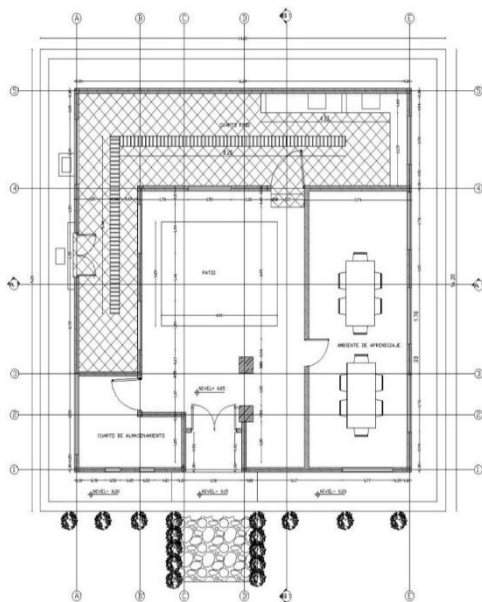

ANEXO 1. Unidades productivas campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró – TAY, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – CGDSS.

Las unidades productivas del campus TAY son ambientes de formación que permiten a los aprendices el desarrollo de habilidades y destrezas técnicas en ambientes reales, desarrollando proyectos formativos. Dentro del proceso educativo los aprendices se enfrentan a problemáticas reales que les permiten aplicar sus conocimientos tomando decisiones y resolviendo situaciones cotidianas (tabla 13).

Tabla 13. Unidades productivas campus TAY – CGDSS relacionadas en el estudio

INFORMACIÓN GENERAL UNIDADES PRODUCTIVAS TAY - CGDSS															
REGIONAL:		HUILA		MUNICIPIO:	PITALITO										
CENTRO DE FORMACIÓN:		SENA Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano													
NOMBRE DE LA SEDE:		TECNOPARQUE AGROECOLOGICO YAMBORO		DIRECCIÓN SEDE:	VEREDA AGUADAS										
1. AMBIENTE DE FORMACIÓN BIOCOMBUSTIBLES															
NOMBRE DADO AL AMBIENTE POR LOS USUARIOS (los aquí descritos son tipificaciones culturales): BIOCOMBUSTIBLES															
PROGRAMAS DE FORMACION A IMPARTIR EN EL AMBIENTE		Tecnólogo Gestión de Recursos Naturales, Gestión Sostenible de la Biodiversidad Vegetal													
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE FORMACIÓN:		UP donde se desarrollan actividades relacionadas con la preparación de biocombustibles a partir de una mezcla orgánica que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Deriva de la biomasa, utilizable como fuente de energía.													
DIMENSIONES					CAPACIDAD / No. DE APRENDICES										
LARGO/P ROFUND (m)	ANCHO/FRE NTE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)												
			138,96												
					30										
PLANO PLANIMETRICO Y UBICACIÓN EN LA SEDE TAY					FOTO DEL AMBIENTE REAL DEL CENTRO DE FORMACIÓN										
<div><table><tr><th colspan="2">convenciones</th></tr><tr><td>MUROS</td><td></td></tr><tr><td>COLUMNA</td><td></td></tr><tr><td>PUERTAS</td><td></td></tr><tr><td>AREA TOTAL CONTRUIDA</td><td>138.9683 m²</td></tr></table></div>					convenciones		MUROS		COLUMNA		PUERTAS		AREA TOTAL CONTRUIDA	138.9683 m²	
convenciones															
MUROS															
COLUMNA															
PUERTAS															
AREA TOTAL CONTRUIDA	138.9683 m²														

INFORMACIÓN GENERAL UNIDADES PRODUCTIVAS TAY - CGDSS				
REGIONAL:	HUILA		MUNICIPIO:	PITALITO
CENTRO DE FORMACIÓN:	SENA Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano			
NOMBRE DE LA SEDE:	TECNOPARQUE AGROECOLOGICO YAMBORÓ		DIRECCIÓN SEDE:	VEREDA AGUADAS
2. AMBIENTE DE FORMACIÓN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN				
NOMBRE DADO AL AMBIENTE POR LOS USUARIOS (los aquí descritos son tipificaciones culturales): BIOTIC'S				
PROGRAMAS DE FORMACION A IMPARTIR EN EL AMBIENTE	Tgo. Redes de datos, Tgo. Análisis y desarrollo de sistemas de información, Tco. Instalaciones de redes y computadores,			
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE FORMACIÓN:	Cuenta con tres áreas de formación, agromática, agronómica, geomática, con capacidad de 30 aprendices cada área, en donde se realizan actividades relacionadas con el desarrollo de las Tecnologías de la información y la comunicación.			
DIMENSIONES				CAPACIDAD / No. DE APRENDICES
LARGO/PROFUND (m)	ANCHO/FRENTE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)	
37,99	6,42	3,35	240,09	90
PLANO PLANIMETRICO Y UBICACIÓN EN LA SEDE TAY				FOTO DEL AMBIENTE REAL DEL CENTRO DE FORMACIÓN
				

INFORMACIÓN GENERAL UNIDADES PRODUCTIVAS TAY - CGDSS					
REGIONAL:		HUILA		MUNICIPIO:	PITALITO
CENTRO DE FORMACIÓN:		SENA Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano			
NOMBRE DE LA SEDE:		TECNOPARQUE AGROECOLOGICO YAMBORÓ		DIRECCIÓN SEDE:	VEREDA AGUADAS
3. AMBIENTE DE FORMACIÓN AGROINDUSTRIA					
NOMBRE DADO AL AMBIENTE POR LOS USUARIOS (los aquí descritos son tipificaciones culturales): AGROINDUSTRIA					
PROGRAMAS DE FORMACION A IMPARTIR EN EL AMBIENTE		Tec Industria Alimentaria, Tgo. Producción Agropecuaria Ecológica, tec Cocina, Tgo. Gestión sostenible de la Biodiversidad Sostenible			
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE FORMACIÓN:		La UP comprende la industrialización y comercialización de productos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales biológicos. Implica la agregación de valor a productos de la industria agropecuaria, la silvicultura y la pesca. En esta unidad se producen y transforma la pulpa de frutas, cárnicos y lácteos como yogurt, queso y arequipe. La edificación cuenta con tres espacios de formación práctica, transformación de productos cárnicos, transformación de frutas y verduras y bodega.			
DIMENSIONES					CAPACIDAD / No. DE APRENDICES
LARGO/P ROFUND (m)	ANCHO/FRE NTE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)		
14,2	11,2	3	159		
PLANO PLANIMETRICO Y UBICACIÓN EN LA SEDE TAY					FOTO DEL AMBIENTE REAL DEL CENTRO DE FORMACIÓN
					

INFORMACIÓN GENERAL UNIDADES PRODUCTIVAS TAY – CGDSS				
REGIONAL:	HUILA		MUNICIPIO:	PITALITO
CENTRO DE FORMACIÓN:	SENA Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano			
NOMBRE DE LA SEDE:	TECNOPARQUE AGROECOLOGICO YAMBORÓ		DIRECCIÓN SEDE:	VEREDA AGUADAS
4. AMBIENTE DE FORMACIÓN ESCUELA NACIONAL GASTRONOMICA				
NOMBRE DADO AL AMBIENTE POR LOS USUARIOS (los aquí descritos son tipificaciones culturales): GASTRONOMIA (comedor comunitario)				
PROGRAMAS DE FORMACION A IMPARTIR EN EL AMBIENTE	Tec. Cocina, Tec. Meza y bar, Tec. Hotelería y turismo			
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE FORMACIÓN:	UP donde los aprendices junto a los instructores del tco. en cocina preparan y sirven los alimentos (menú de almuerzo) para la comunidad académica del campus TAY - CGDSS con una frecuencia diaria.			
DIMENSIONES				CAPACIDAD / No. DE APRENDICES
LARGO/PROFUND (m)	ANCHO/FRENTE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)	
28,75	19,38	6,39	101,17	
PLANO PLANIMETRICO Y UBICACIÓN EN LA SEDE TAY				FOTO DEL AMBIENTE REAL DEL CENTRO DE FORMACIÓN
				

INFORMACIÓN GENERAL UNIDADES PRODUCTIVAS TAY – CGDSS				
REGIONAL:	HUILA		MUNICIPIO:	PITALITO
CENTRO DE FORMACIÓN:	SENA Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano			
NOMBRE DE LA SEDE:	TECNOPARQUE AGROECOLOGICO YAMBORÓ		DIRECCIÓN SEDE:	VEREDA AGUADAS
5. AMBIENTE DE FORMACIÓN BIOCABAÑA				
NOMBRE DADO AL AMBIENTE POR LOS USUARIOS (los aquí descritos son tipificaciones culturales): BIOCABAÑA				
PROGRAMAS DE FORMACION A IMPARTIR EN EL AMBIENTE	Tco. hotelería y turismo.			
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE FORMACIÓN:	Área del campus donde se hospedan los aprendices. Además, se realizan prácticas relacionadas con la actividad económica de hotelería			
DIMENSIONES				CAPACIDAD / No. DE APRENDICES
LARGO/PROFUND (m)	ANCHO/FRENTE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)	
14,05	35,01	5,01	430	
PLANO PLANIMETRICO Y UBICACIÓN EN LA SEDE TAY				FOTO DEL AMBIENTE REAL DEL CENTRO DE FORMACIÓN
 				

INFORMACIÓN GENERAL UNIDADES PRODUCTIVAS TAY – CGDSS				
REGIONAL:		HUILA		MUNICIPIO: PITALITO
CENTRO DE FORMACIÓN:		SENA Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano		
NOMBRE DE LA SEDE:		TECNOPARQUE AGROECOLOGICO YAMBORÓ		DIRECCIÓN SEDE: VEREDA AGUADAS
1. AMBIENTE DE FORMACIÓN ESCUELA NACIONAL DE LA CALIDAD DEL CAFÉ				
NOMBRE DADO AL AMBIENTE POR LOS USUARIOS (los aquí descritos son tipificaciones culturales): ESCUELA NACIONAL DE LA CALIDAD DEL CAFÉ				
PROGRAMAS DE FORMACION A IMPARTIR EN EL AMBIENTE		Tco. Producción de cafés especiales, tco. mesa y bar, cursos complementarios.		
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE DE FORMACIÓN:		La edificación cuenta con ambientes dotados con equipos de última tecnología para los procesos de trilla, tosti3n, cataci3n y barismo; facilitar3 la formaci3n en programas como Producci3n de Caf3; Buenas Pr3cticas Agrícolas; gesti3n Empresarial Cafetera; Preparaci3n, Servicio y Comercializaci3n de Bebidas a Base de Caf3; Mantenimiento y Operaci3n de la Despulpadora de Caf3; y Emprendimiento en Establecimiento de Caf3 de Alta Calidad, entre otros.		
DIMENSIONES				CAPACIDAD / No. DE APRENDICES
LARGO/PROFUND (m)	ANCHO/FRENTE (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m²)	
			753	150
PLANO PLANIMETRICO Y UBICACI3N EN LA SEDE TAY				FOTO DEL AMBIENTE REAL DEL CENTRO DE FORMACI3N
				

Fuente: el autor, 2018

ANEXO 2. METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS IMPLEMENTADA EN EL CAMPUS TAY – CGDSS SENA PITALITO - HUILA

INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos trata de contemplar todos los aspectos implicados, dando una respuesta integral que permita una solución aceptable del problema desde el punto de vista medioambiental. Así, aunque los aspectos económicos no se ignoren en absoluto, se tienen en cuenta otras consideraciones que pasan a un primer plano, como la prevención de la contaminación o el aprovechamiento de los recursos.

Últimamente se ha popularizado la denominación de las cuatro "Rs" para caracterizar a esta gestión ambientalmente correcta mediante cuatro conceptos clave: Reducción, Reutilización, Reciclaje y Recuperación energética (valorización).

Para implementar mejoras o diseñar sistemas de manejo de residuos sólidos en una localidad implica conocer las características de esos residuos, tales como la generación per cápita, la densidad y la composición, en función al tipo de tratamiento que se pretenda dar a esos residuos. Ello requiere un estudio de caracterización de residuos sólidos el cual es un elemento esencial a la hora de valorar adecuadamente la viabilidad de los diferentes programas y proyectos, en un plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. El plan de caracterización de residuos sólidos del Tecnoparque Agroecológico Yamborè está orientado a identificar aquellos residuos que a través de un manejo integral, puedan ser reincorporados al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, el compostaje y cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos, vinculando a aquellos actores que, directa o indirectamente, se relacionan con la cadena de generación logrando así, la reducción de la cantidad de residuos para disposición final.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las características físicas de los residuos sólidos del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, campus Tecnoparque Agroecológico Yamboró.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la generación per cápita de residuos sólidos en las sedes del CGDSS
- Determinar el peso específico de los residuos sólidos
- Establecer la composición gravimétrica de los residuos
- Identificar los residuos con potencial de aprovechamiento.
- Evaluar los tipos de residuos según las diferentes fuentes de generación.

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Un procedimiento que ha logrado cierto nivel de reconocimiento es la determinación de la composición de los residuos, a través de la recolección y selección manual de los residuos sólidos durante un período de tiempo determinado. El método puede repetirse en diferentes períodos a lo largo del año para obtener variaciones en la caracterización de los residuos.

Una vez terminadas las actividades de caracterización, se recopilan y analizan todos los datos obtenidos durante el estudio. A partir de entonces, los datos referentes a la composición de los residuos sólidos se presentan en términos de fracción o porcentaje en peso y volumen.

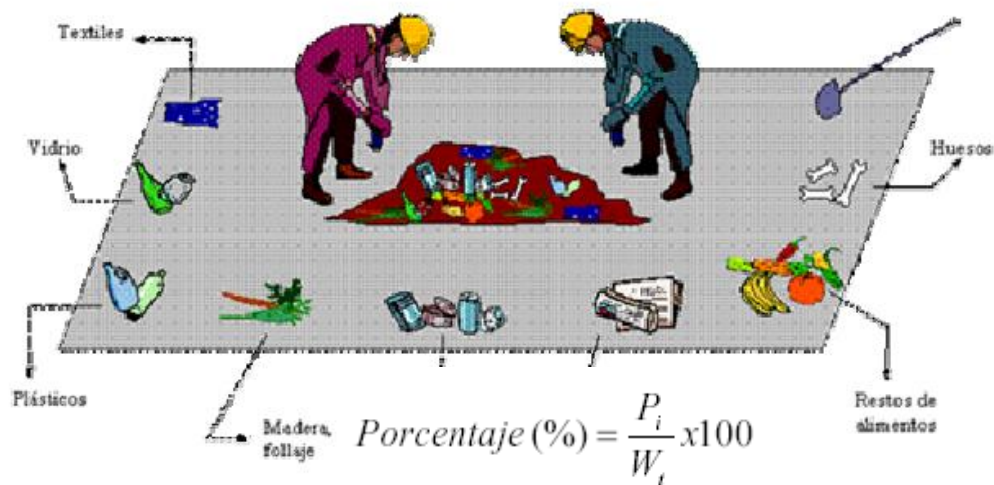
MATERIALES A UTILIZAR

- Plástico o lona resistente
- Báscula
- Bolsas de polietileno para separación de los residuos
- Recipientes o canecas plásticas
- Guantes de carnaza
- Tapabocas

PROCEDIMIENTO

1. Se recolectan los residuos en cada una de las áreas de generación, identificando cada una de las bolsas con el área respectiva:
 - Agroindustria
 - Escuela Gastronómica
 - Laboratorios
 - Área de administrativos y ambientes de aprendizaje
 - Cafetería
 - Baños
 - Bioauditorio
 - Área de ebanistería
 - Porterías
 - Área de especies menores
 - Biofabrica

- Planta de biocombustibles
 - Bodega de almacenamiento
 - Invernaderos
 - Escuela de la calidad del café.
 - Áreas comunes
 - Gimnasio y complejo deportivo
2. Los residuos son llevados hasta la unidad de Biofabrica (lugar seleccionado para dicha actividad) y pesados, teniendo en cuenta el área de generación, para obtener el peso total de los residuos (W_t).
 3. Sobre el lugar seleccionado se tiende un plástico para aislar el contacto de los residuos con la superficie y evitar derrame de lixiviados.
 4. Los residuos son depositados sobre el plástico
 5. Se clasifican los residuos según su composición física y se determina el peso de cada uno de los residuos (P_i), por tipo de residuo así:
 - papel archivo
 - cartón corrugado
 - cartón plegadizo
 - plásticos (No.1 PET, No.2 PEAD, No. 4 PEBD, No. 5 PP)
 - metales (Aluminio, hierro, chatarra, otros)
 - vidrio (soplado)
 - madera
 - residuos de plantas
 - restos de alimentos
 - otros (caucho, cuero, tierra, etc.).
 - Inservibles
 - Peligrosos

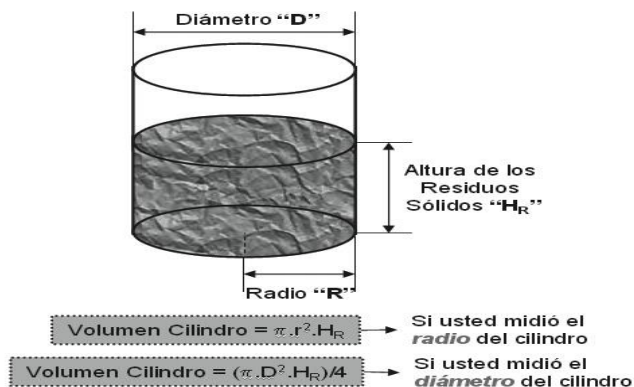


6. Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en el día (W_t) y el peso de cada tipo de residuo. (P_i):

W_t = Peso total de los residuos recolectados en un día

P_i = Peso de cada componente

7. Una vez clasificados los residuos, se determina el peso específico o densidad de los residuos sólidos (kg/m^3).
8. Se prepara un recipiente cilíndrico base circular y con una altura uniforme. Se mide el diámetro de la base y se calcula el área.
9. Se pesa el recipiente vacío (W_1)
10. Cada tipo de residuo se dispone en el recipiente sin hacer presión, moviendo levemente para asegurar la ocupación de los espacios vacíos.
11. Se mide la altura a la que quedan los residuos y a este dato se multiplica por el área de la base, para determinar el volumen ocupado por cada tipo de residuo



12. Se pesa el recipiente lleno (W_2) y por diferencia ($W_2 - W_1$) se obtendrá el peso de los residuos (W).

14. Con los anteriores datos se calcula el peso específico o densidad así:

$$\text{Densidad Kg/m}^3 = \frac{\text{Peso del residuo (W)}}{\text{Volumen del residuo m}^3}$$

La información obtenida en campo se debe registrar en los respectivos formatos diseñados para tal fin.

15. Disposición de los residuos en el centro de acopio temporal.

16. Limpieza del lugar de caracterización.